

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství**

**Návrh řídicího systému modelu montážní linky s  
propojením do vybrané cloudové platformy**

**Design of Control System of Assembly Line Model  
Connected to Selected IoT Platform**

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Marek Vyplašil**  
Studijní program: N2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 2612T041 Řídicí a informační systémy  
Téma: **Návrh řídicího systému modelu montážní linky s propojením do vybrané cloudové platformy**  
**Design of Control System of Assembly Line Model Connected to Selected IoT Platform**  
Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

1. Seznámení se s laboratorním modelem montážní linky.
2. Analýza vlastností vybraných cloudových systémů využitelných pro průmyslový IoT.
3. Modifikace řídicí aplikace výrobní linky, aby mohla plnit úlohu zdroje dat pro vybranou cloudovou platformu.
4. Návrh a realizace systému pro ukládání a analýzu dat ve dvou vybraných cloudových platformách.
5. Realizace vybraných funkcí analýzy dat nad uloženými daty.
6. Zhodnocení dosažených výsledků.

### Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] GREENGARD, Samuel. *The internet of Things*. Massachusetts: MIT Press, 2015. ISBN 978-0-262-52773-6.  
[2] SLAMA, D., F. PUHLMANN, J. MORRISH a R. BHATNAGAR. *Enterprise IoT*. Sebastopol (USA): O'Reilly Media, 2015. ISBN 978-1-4919-2483-9.  
[3] BERGER, Hans. *Automating with SIMATIC*. 5th edition. Erlangen, Germany: Publicis Publishing, 2013, 284 p. ISBN 978-3895783876.  
[4] Technická dokumentace k systému Simatic.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2017

Datum odevzdání: 30.04.2018

doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.  
vedoucí katedry




prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.  
děkan fakulty

### **Prohlášení**

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl všechny literární prameny a publikace, ze kterých bylo čerpáno.“

Datum odevzdání: 30.4.2018

  
.....  
Bc. Marek Vyplašil

V Ostravě dne 30.4.2018

## **Poděkování**

Děkuji panu doc. Ing. Jiřímu Koziorkovi, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce a poskytnutí cenných rad.

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce pojednává o návrhu a realizaci řídicího systému modelu montážní linky s následným propojením do vybrané cloudové platformy. Nejprve bylo zapotřebí seznámit se s modelem montážní linky a určit, který senzor bude plnit funkci zdroje dat pro cloudové úložiště a následnou analýzu. V teoretické části jsou popsány vlastnosti použitých cloudových služeb a způsob, jakým jsou do nich data přenášena. Montážní linka musela být doplněna o zařízení SIMATIC IoT 2040, které slouží jako inteligentní brána mezi senzory a vývojovým prostředím. K sestavení řídicího systému bylo použito vývojové prostředí Node-RED, díky kterému bylo možné určit, kam se mají data ze senzoru posílat. Pro vizualizaci a ukládání dat byly použity cloudové platformy od firmy IBM a Ubidots.

**Klíčová slova:** IBM, Ubidots, Cloud, Node-RED, IoT

## **Abstract**

This Master's thesis focuses on a design and implementation of the control system of the assembly line model with subsequent connection to the selected cloud platform. Firstly, it was necessary to study properly the assembly line model and assess which sensor will perform the data feed function for cloud storage and subsequent analysis. The theoretical part describes the properties of the used cloud services and the way the data are transferred to them. The assembly line had to be supplemented by SIMATIC IoT 2040, which serves as an intelligent gateway between sensors and the development environment. The Node-RED development environment was used to build the control system to determine where the sensor data should be sent. The cloud platforms from IBM and Ubidots were used to visualize and store data.

**Key words:** IBM, Ubidots, Cloud, Node-RED, IoT

# Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk .....	9
Seznam obrázků .....	11
Seznam tabulek .....	13
1 Úvod .....	14
2 Seznámení se s laboratorním modelem montážní linky. ....	15
2.1 Distribuční pracoviště .....	15
2.2 Testovací pracoviště .....	16
2.3 Procesní pracoviště .....	18
2.4 Manipulační pracoviště .....	19
2.5 Třídící pracoviště .....	21
2.6 Skladovací pracoviště .....	22
3 Analýza vlastností vybraných cloudových systémů využitelných pro průmyslový IoT. ....	25
3.1 Průmyslový IoT .....	25
3.2 MQTT protokol .....	26
3.2.1 Způsob komunikace .....	27
3.2.2 Topics .....	27
3.2.3 Quality of Service .....	28
3.2.4 Zabezpečení MQTT .....	29
3.3 Vlastnosti Cloudu .....	30
3.4 Poskytovatelé cloudových služeb v oblasti IoT .....	32
3.5 IBM cloud .....	33
3.5.1 Watson IoT .....	34
3.5.2 Komunikace mezi IoT zařízením a IBM platformou .....	35
3.5.3 Vizualizace dat v IBM Watson IoT pro Bluemix .....	36
3.5.4 Zálohování dat u Watson IoT .....	37
3.5.5 Zabezpečení Watson IoT .....	37

3.5.6	Watson IoT ceník služeb .....	38
3.6	Ubidots Cloud .....	39
3.6.1	Ubidots / Ubidots for Education.....	39
3.6.2	Ubidots for Education .....	39
3.6.3	Ubidots .....	40
3.6.4	Vizualizace a sdílení dat.....	40
3.6.5	Zpracování dat.....	41
3.6.6	Zabezpečení Ubidots .....	42
3.6.7	Ubidots Ceník.....	43
4	Modifikace řídicí aplikace výrobní linky, aby mohla plnit úlohu zdroje dat pro vybranou cloudovou platformu. ....	44
4.1	Úprava nastavení řídicí linky .....	44
4.2	SIMATIC IoT 2040.....	45
4.3	Poskytování dat řídicí linkou.....	47
4.3.1	Konfigurace SIMATIC IoT 2040.....	48
4.3.2	Instalace programu Node-RED .....	50
4.4	Snímač barev SICK .....	51
5	Návrh a realizace systému pro ukládání a analýzu dat ve dvou vybraných cloudových platformách. 53	
5.1	Node-RED.....	53
5.1.1	Nodes.....	54
5.1.2	Flows .....	55
5.2	Watson IoT.....	56
5.2.1	Nastavení zařízení u Watson IoT .....	56
5.2.2	Propojení Watson IoT s PLC pomocí Node-RED.....	57
5.2.3	Ukládání dat u Watson iot.....	58
5.3	Ubidots .....	59
5.3.1	Propojení Ubidots s PLC pomocí Node-RED.....	59
5.3.2	Ukládání dat u Ubidots.....	61

6	Realizace vybraných funkcí analýzy dat nad uloženými daty.....	62
6.1	Analýza v Ubidots.....	62
6.2	Watson Analytics .....	64
7	Zhodnocení dosažených výsledků.....	67
8	Závěr.....	69
	Použitá literatura .....	71
	Přílohy .....	74



## Seznam použitých symbolů a zkratek

<b>Zkratka</b>	<b>Význam</b>
API	Application Programming Interface
AWS	Amazon Web Service
CPU	central processing unit
CSV	Comma Separated Values
DB	Database
DC	Direct Current
DevOps	DevelopmentOperations
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
GB	Gigabyte
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IaaS	Infrastructure as a Service
IBM	International Business Machines
ID	IDentification
IIoT	Industrial Internet of Things
IoT	Internet of Things
ISO	International Organization for Standardization
LED	Light Emitting Diode
MB	Megabyte
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
NR	Node-RED
OPC-UA	Open Platform Communication Unified Architecture
PaaS	Platform as a Service
PC	Personal Computer
PLC	Programmable Logic Controller
PWM	Pulse Width Modulation
QoS	Quality of Service
RFID	Radio Frequency Identification
RGB	Red Green Blue
SaaS	Software as a Service

SD	Secure Digital
SQL	Structured Query Language
SSH	Secure Shell
SSL	Secure Sockets Layer
TCP	Transmission Control Protocol
TIA	Totally Integrated Automation
TLS	Transport Layer Security
URL	Uniform Resource Locators
USB	Universal Serial Bus
UTF	Unicode Transformation Format

## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Posloupnost při zpracovávání dat u montážní linky .....	15
Obrázek 2 - Distribuční pracoviště [3].....	16
Obrázek 3 - Testovací pracoviště [3] .....	17
Obrázek 4 - Procesní pracoviště [3] .....	19
Obrázek 5 - Manipulační pracoviště [3].....	20
Obrázek 6 - Třídící pracoviště [3].....	22
Obrázek 7 - Skladovací pracoviště [3] .....	24
Obrázek 8 - Navázání spojení [1].....	27
Obrázek 9 - QoS 0 [23] .....	28
Obrázek 10 - QoS 1 [23] .....	28
Obrázek 11 - QoS 2 [23] .....	29
Obrázek 12 – Typy cloudových platforem [7] .....	31
Obrázek 13 - Watson IoT princip.....	34
Obrázek 14 - IBM komunikace [12] .....	35
Obrázek 15 - Graf zobrazující data v reálném čase [14].....	36
Obrázek 16 - Graf Ubidots .....	41
Obrázek 17 - Vytváření akce v Ubidots .....	42
Obrázek 18 - Optimalizace datového bloku [24] .....	44
Obrázek 19 - Povolení funkce PUT/GET [24].....	44
Obrázek 20 - IoT 2000 [25].....	45
Obrázek 21 - Princip funkce Gateway [26].....	47
Obrázek 22 - Nastavení PuTTY .....	49
Obrázek 23 - Nastavení DHCP .....	50
Obrázek 24 - Barevné čidlo od firmy SICK.....	51
Obrázek 25 - Schéma systému pro ukládání dat .....	53
Obrázek 26 - Vývojové prostředí Node-RED .....	54
Obrázek 27 - Ukázka předinstalovaných Nodů.....	54
Obrázek 28 - Tři základní typy nodů. Vlevo vstupní node, uprostřed procesní node a vpravo výstupní node .....	55
Obrázek 29 - Po stisknutí tlačítka "inject" je poslána informace ke zpracování do funkčního bloku a následně je zobrazeny pomocí bloku msg. Payload .....	55
Obrázek 30 - Vlevo node pro PLC vpravo node pro Watson IoT .....	57
Obrázek 31 - nastavení nodu pro PLC .....	57
Obrázek 32 - Funkce ukládání dat u Watson IoT.....	58

Obrázek 33 - Zálohování dat pomocí modulu v NR .....	58
Obrázek 34 - Zobrazení uložených dat v databázi .....	59
Obrázek 35 - Ukázka propojení v NR.....	59
Obrázek 36 - Ukázka nastavení MQTT .....	60
Obrázek 37- Ubidots analýza dat v reálném čase.....	63
Obrázek 38 - Celkový počet zaznamenaných puků za jeden den, v předchozí den a za uplynulý týden .....	63
Obrázek 39 - Proces analýzy u Watson Analytics .....	64
Obrázek 40 - Navrhované analýzy programem Watson Analytics .....	65
Obrázek 41 - Watson Analytics - zobrazení nejčastější hodnoty .....	65
Obrázek 42 - Porovnání jednotlivých barev vůči dnům.....	66

## Seznam tabulek

Tabulka 1 - Vlastnosti cloudových platforem [8] [9] [11] .....	33
Tabulka 2 - Přehled boardů [14] .....	36
Tabulka 3 - Cloudant NoSQL tabulka.....	37
Tabulka 4 - Ceník služeb [15].....	38
Tabulka 5 - Ubidots ceník [19] .....	43
Tabulka 6 : IoT 2040 parametry [21] .....	46
Tabulka 7 - Příkaz pro instalaci Node-RED.....	50
Tabulka 8 - Vlastnosti SICK senzoru [22] .....	52
Tabulka 9 - Informace potřebné k přihlášení do služby Watson IoT .....	57
Tabulka 10 - příklad použití nodu function.....	61
Tabulka 11 - Možnosti vizualizace u Watson Analytics .....	66

# 1 Úvod

V současné době je čím dál víc aplikována myšlenka, která se týká internetu věcí. Internet věcí je nyní používán v domácnostech, podnikových systémech a především v průmyslu. S použitím internetu věcí současně vzniká otázka, jakou cloudovou platformu použít pro ukládání a analýzu získaných dat. Cílem této diplomové práce je propojit PLC montážní linku s cloudovou platformou, uložit naměřená data a poté provést nad uloženými daty analýzu.

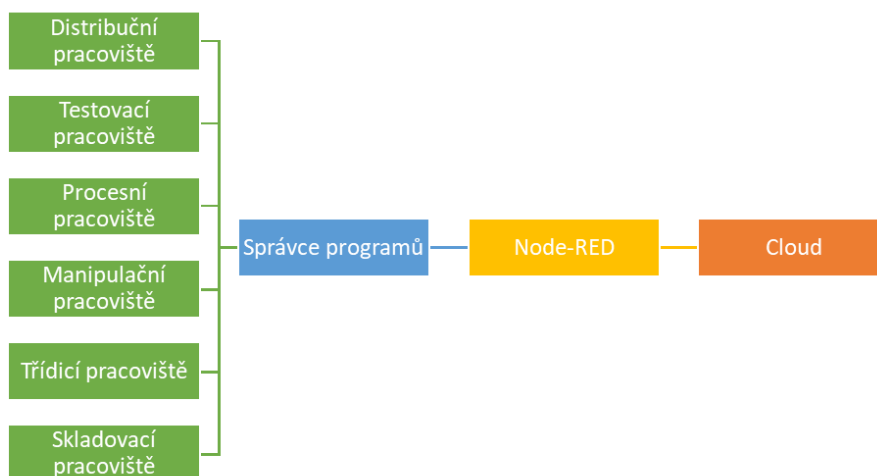
V úvodní teoretické části jsou popsána jednotlivá pracoviště, ze kterých se skládá montážní linka. V dalších kapitolách jsou uvedeny nejčastěji používané cloudové platformy v oblasti internetu věcí. Podrobněji jsou pak popsány cloudové platformy, které byly použity v této diplomové práci, a také je zde zmínka o použitém komunikačním protokolu.

Praktická část je rozdělena na tři části. V první části je popsána dodatečná montáž zařízení SIMATIC IoT 2040, které slouží k navázání spojení mezi senzorem a vývojovým prostředím. Dalším krokem byla instalace vývojového prostředí Node-RED. Ve druhé části je popsáno, jakým způsobem probíhá propojení mezi senzorem a cloudovou platformou. Poté je uvedeno, v jakém formátu a jak jsou data ukládána do databáze. Ve třetí části je provedena analýza nad uloženými daty, a to ve službě Watson Analytics, kterou nabízí firma IBM.

Cílem této diplomové práce je upravit montážní linku tak, aby byla schopna plnit úlohu zdroje dat pro cloudovou platformu. Výsledky práce mohou posloužit k dalšímu rozvoji problematiky v oblasti internetu věcí nebo je bude možné využít za účelem výuky.

## 2 Seznámení se s laboratorním modelem montážní linky.

V této kapitole bude popsán laboratorní model montážní linky, která je umístěna na učebně EB 415. Montážní linka je složena ze šesti pracovišť, které na sebe bezprostředně navazují. Linka obsahuje 6 modulů, které obsahují vlastní řídicí PLC od firmy SIEMENS. Tyto prvky nejsou v základu nijak mezi sebou propojené a neprobíhá mezi nimi žádná komunikace, vykonávají pouze svůj vlastní předem vytvořený program. Jejich chování je centralizované a nelze do nich jednoduše nahrát nový ovládací software bez toho, aniž bychom zasáhli do programu PLC kontroléru.

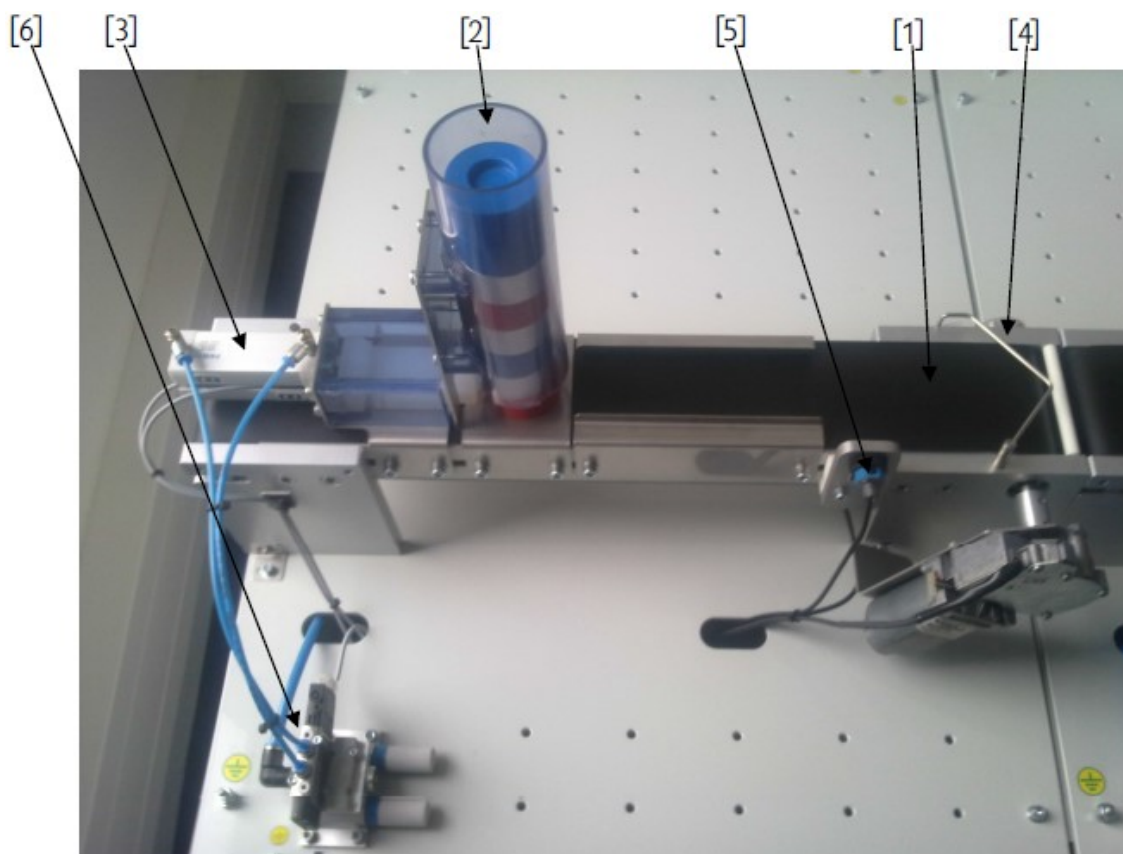


Obrázek 1 – Posloupnost při zpracovávání dat u montážní linky

### 2.1 Distribuční pracoviště

Pohyb je na distribučním pracovišti zajištěn stejnosměrným motorkem s převodovkou. Dále je pracoviště vybaveno elektromagnetickými ventily, indukčním snímačem otáček pásu, pneumatickým vyrážecím puku s čidlem koncové polohy, optickým snímačem, který detekuje přítomnost puku na pásu, a nakonec zásobníkem pro devět puků. [3]

- **Řízení otáček DC motorku:** Stejnosměrný motorek pracuje na napětí 24V a jeho rychlost je možné upravovat pomocí PWM signálu. A to díky indukčnímu snímači, který sleduje rychlost otáčení pásu. [3]
- **Vyrážecí pneumatický válec:** Je vybaven čidly koncové polohy. Provozní tlak ve válci je 0,6 až 10 bar. [3]
- **Optický snímač:** Detekuje přítomnost puku na dopravníkovém pásu. Pracuje se snímacím rozsahem 3 až 115 mm. [3]



**Obrázek 2 - Distribuční pracoviště [3]**

- [1] - Pásový dopravník poháněný motorem s převodovkou.
- [2] - Svislý zásobník pro devět puků.
- [3] - Vyrážecí pneumatický válec s čidly koncové polohy.
- [4] - Indukční snímač rotace pásu.
- [5] - Optický snímač přítomnosti předmětu na pásu.
- [6] - Blok s elektromagnetickými ventily.

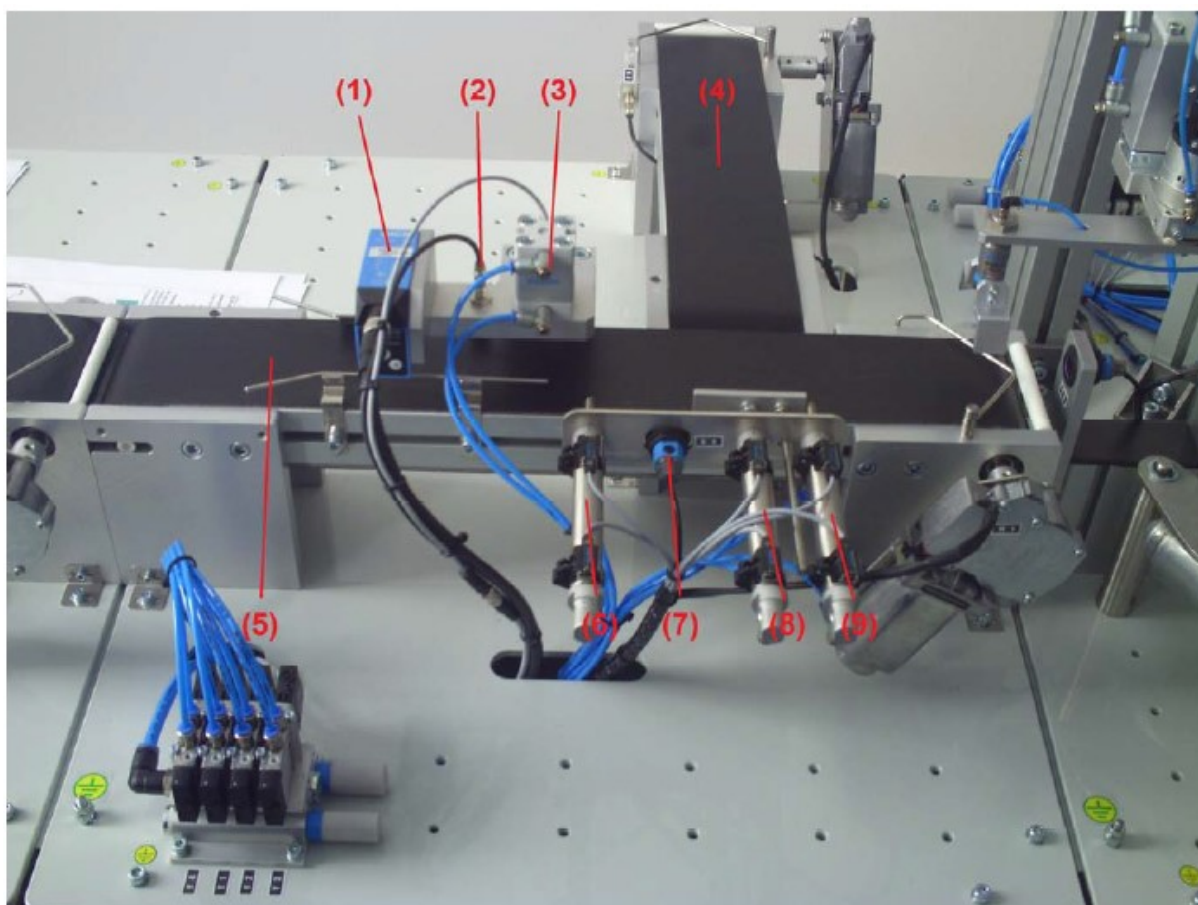
## 2.2 Testovací pracoviště

Hlavní části testovacího pracoviště tvoří dvojice pásových dopravníků, pomocí nichž je možné roztřídit předměty podle jejich vlastností. Třídění puků probíhá na základě změření výšky, barvy a materiálu puku. Po vyhodnocení jsou puky následně roztříděny na dvě různá výstupní pracoviště. [3]

- **Dopravníkové pásy:** Pásy mají dán směr otáčení pouze v jednom směru. Spuštění pásu je zahájeno zasláním bitu na příslušný výstup. [3]



- **Optický snímač:** Detekuje přítomnost puku na pásu. Pracuje se snímacím rozsahem 3 až 115 mm. [3]
- **Senzor barev:** Senzor reaguje na barvy, které jsou předem nastaveny. Je možné nastavit citlivost, s jakou budou určité barevné odstíny rozpoznávány. Při rozpoznávání však musí být puk umístěn v přesné vzdálenosti od senzoru. Senzor obsahuje 4 programovatelné vstupy pro signalizaci předem nastavených barev. [3]
- **Snímač magnetických vlastností:** Při přiblížení kovového materiálu je snímač přepnut do hodnoty logické jedničky. [3]
- **Senzor výšky:** Aby bylo možné měřit výšku, je zapotřebí aktivovat píst senzoru výšky. Odečítání hodnoty probíhá analogově a ustálení měření trvá zhruba 1 s. Po této době je možné hodnotu odečíst. [3]



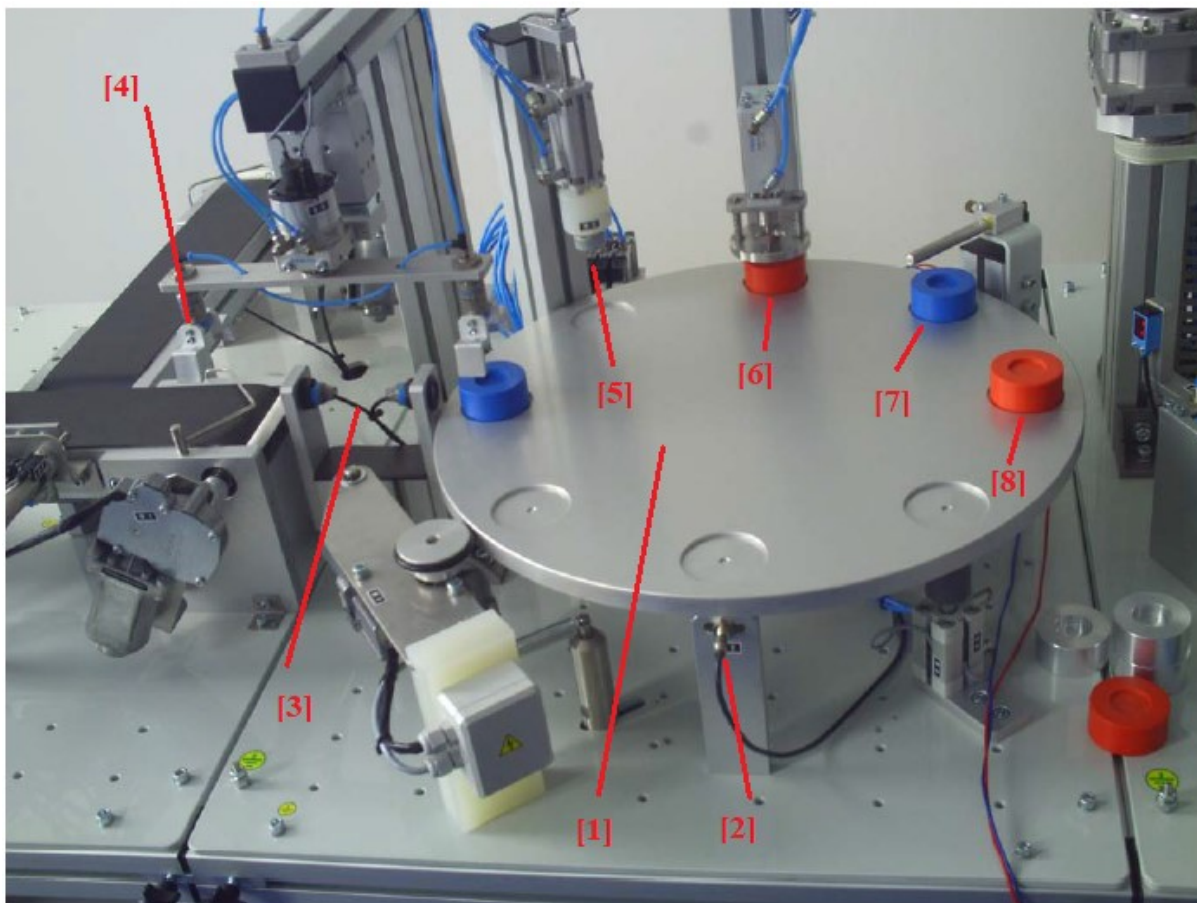
Obrázek 3 - Testovací pracoviště [3]

- [1] – Snímač barev
- [2] – Snímač magnetických vlastností
- [3] – Snímač výšky
- [4] – Dopravníkový pás č.2.
- [5] – Dopravníkový pás č.1.
- [6] – Závora 1 – zadržení v sekci měření
- [7] – Snímač přítomnosti puku
- [8] – Vyrážec
- [9] – Závora 2 – Zadržení puku v oblasti vyražení na dopravníkový pás č.2.

## 2.3 Procesní pracoviště

Procesní pracoviště je složeno z karuselu, který je poháněn motorem přes kluzný převod, dále pak ze dvou optických snímačů, přemísťovacího zařízení (chapadla). Práce zajišťuje model vrtačky, razičky a lakovacího rozprašovače. Hlavní částí procesního pracoviště je karusel, na kterém předmět postupně prochází třemi operacemi simulujícími vrtání, ražení a čištění ofukem. Do vstupní pozice je předmět dopraven pomocí otočného manipulátoru s chapadly. [3]

- **Optický snímač:** Reaguje na přítomnost puku na dopravníkovém pásu. Jeho snímací rozsah je od 3 mm do 115 mm. [3]
- **Motor karuselu:** Motor pracuje na napětí 24 V. Pastorek je vybaven gumovým potahem kvůli dobré přilnavosti ke karuselu. Na karusel je možné umístit 8 puků. [3]
- **Zařízení pro přemístění:** Chapadla jsou umístěna na posuvném a otočném pneumatickém systému. Chapadlo umožňuje přesun puku z jednoho pracoviště na druhé. Uchopovací čelisti jsou na obou stranách zařízení a je možné je otočit až o 180°. Pohyb čelisti je rovněž realizován pneumaticky. [3]
- **Pracovní zařízení:**
  - 1) Model vrtačky je realizován pneumatickým posuvníkem a DC motorkem.
  - 2) Model rozprašovače je simulován pomocí trubičky se vzduchem.
  - 3) Model razičky je opatřen razící hlavou a pneumatickým posuvníkem.



**Obrázek 4 - Procesní pracoviště [3]**

- [1] - Karusel poháněný motorem
- [2] -Indukční snímač pro nastavení polohy karuselu
- [3] - Optické sensory, které zjišťují přítomnost předmětu na nakládací pozici a karuselu
- [4] - Kyvný pohon, který přesouvá puky z nakládacího prostoru na karuselu pomocí chapadel
- [5] - Pneumatický válec s elektromotorkem simulující operaci vrtání
- [6] - Pneumatický válec s pružinovým mechanismem simulující operaci ražení
- [7] - Redukční ventil s děrovanou trubicí simulující dokončovací proces čištění ofukem
- [8] - Výstupní pozice pro další pracoviště

## **2.4 Manipulační pracoviště**

Manipulační pracoviště je poháněno servopohonem, který přesouvá manipulační jednotku na předem definované pozice. Samotná práce je pak vykonávána pístem, na jehož konci je chapadlo. Mezi počáteční a koncovou polohou se nacházejí tři skluzy. Toto pracoviště tedy funguje tak, že během přesunu je možné puky vykládat a třídit na jeden ze tří skluzů. Třídění puků je vyhodnocováno na základě barvy a vlastnosti materiálu. [3]

- **Optický snímač:** Reaguje na přítomnost puku na dopravníkovém pásu. Jeho snímací rozsah je od 3 mm do 115 mm. [3]
- **Senzor barev:** Senzor reaguje na barvy, které jsou předem nastaveny. Je možné nastavit citlivost, s jakou budou určité barevné odstíny rozpoznávány. Při rozpoznávání však musí být puk umístěn v přesné vzdálenosti od senzoru. Senzor obsahuje 4 programovatelné vstupy pro signalizaci předem nastavených barev. [3]
- **Servopohon:** motor má 6 přednastavených poloh a 1 je inicializační. Před uvedením motoru do chodu je nutné jej odblokovat a nastavit inicializační adresu. Poté už jen stačí poslat Startovací bit a motor je funkční. [3]



**Obrázek 5 - Manipulační pracoviště [3]**

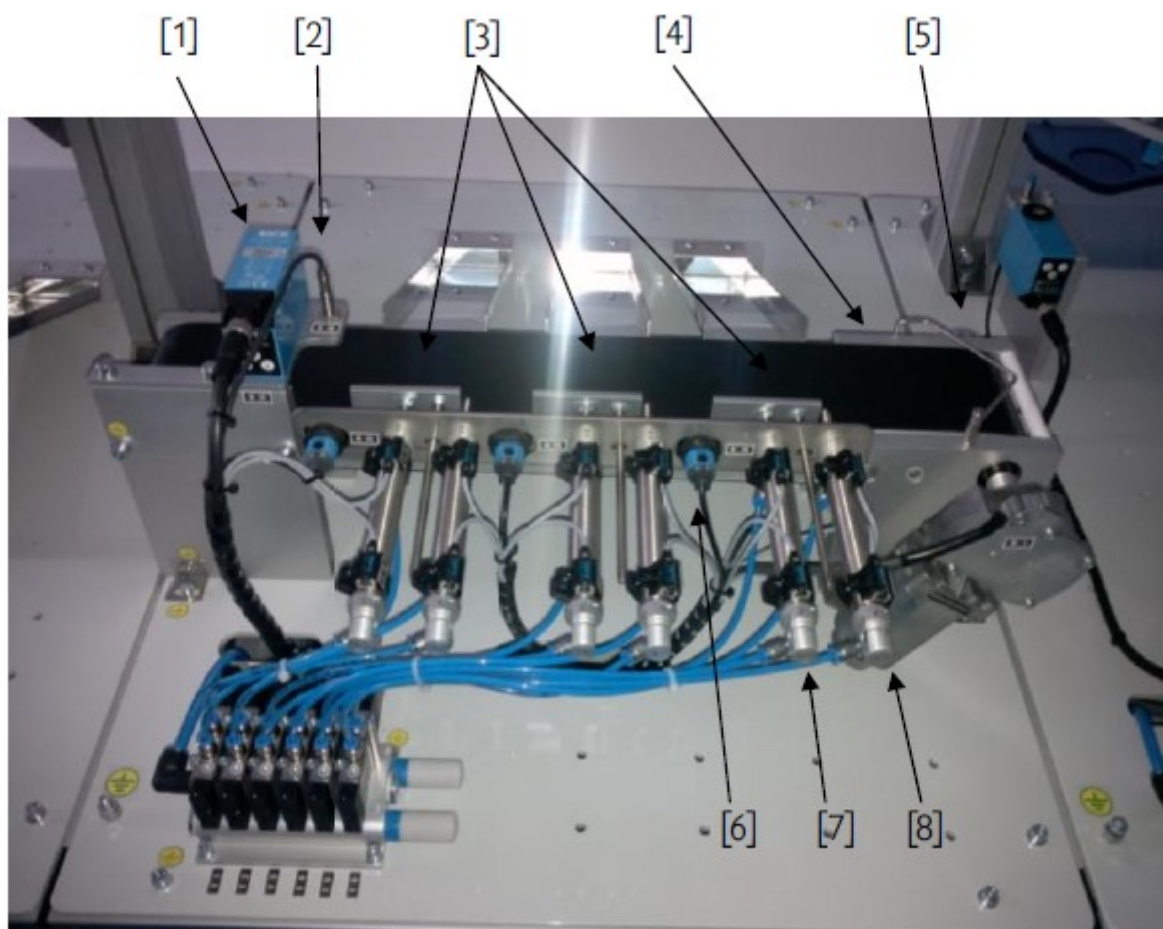
- [1] - Servopohon realizující pohyb manipulátoru – pohybuje se mezi přednastavenými pozicemi, adresa je zadána pomocí čtyř adresových bitů a poté je motor spuštěn pomocí Start-bitu
- [2] - Píst s přísavkou obsahuje dvě čidla koncových poloh – vysunuto, zasunuto
- [3] - Přísavka pro přepravu puku
- [4] - Optický senzor přítomnosti předmětu na vstupu pracoviště
- [5] - Indukční snímač magnetoelektrických vlastností
- [6] - Senzor barev programovatelný na rozpoznání předem zadaných barev s nastavitelnou citlivostí
- [ 7 ] - Skluzy pro třídění materiálu

## 2.5 Třídící pracoviště

Podobně jako u distribučního pracoviště je i toto pracoviště vybaveno stejnosměrným motorkem s převodovkou, který pohání dopravníkový pás pouze v jednom směru. Aby bylo možné puky třídit, jsou na začátku pracoviště umístěny snímače barevných a magnetických vlastností. Samotné třídění pak probíhá pomocí snímače polohy, pneumatických závor a vyrážeců. [3]

- **Stejnoseměrný motor:** Použitý motor je od firmy DOGA a pracuje na napětí 24 V. Rychlost otáčení motoru je možné regulovat pomocí PWM signálu. [3]
- **Optické snímače:** Optický snímač je od firmy SICK a k detekci využívá červeného světla. Detekční vzdálenost je od 3 do 115 mm. Provozní napětí se pohybuje v rozmezí 10–30 V. Proudový odběr je tabulkově určen na 30 mA. Snímací odezva je kratší než 1ms. Provozní teplota se pohybuje od – 20 do +50°C. [3]
- **Indukční snímače:** Tento snímač je od firmy SICK a slouží ke zjištění magnetických vlastností puku. Doporučená snímací vzdálenost je 2 mm. Provozní napětí se pohybuje v rozmezí 10-30 V a oproti předchozímu čidlu odebírá pouze 10 mA. Provozní teplota může být od -20 do +50°C. Na pracovišti je použit ještě jeden indukční snímač, jehož vlastnosti jsou velmi podobné. Pouze vzdálenost mezi snímačem a pukem je doporučena na 4 mm. [3]
- **Čidlo barev:** Snímač CS84 je určen k rozpoznávání barev. Je na něm možné předem nastavit až čtyři rozpoznávané barvy. U jednotlivých barev může být nastavena i citlivost, s jakou je barva detekována. Snímací vzdálenost je doporučena na 12,5 mm. Provozní napětí je 10-30 V a odebíraný proud je 120 mA. Nastavení barev je rychlé a provádí se pomocí tří tlačítek a LED ukazatele. [3]
- **Pneumatické válce:** Všechna pneumatická zařízení jsou od firmy FESTO. Použité válce plní funkci závor nebo vyrážeců a jsou opatřeny snímačem krajní polohy. [3]





Obrázek 6 - Třídící pracoviště [3]

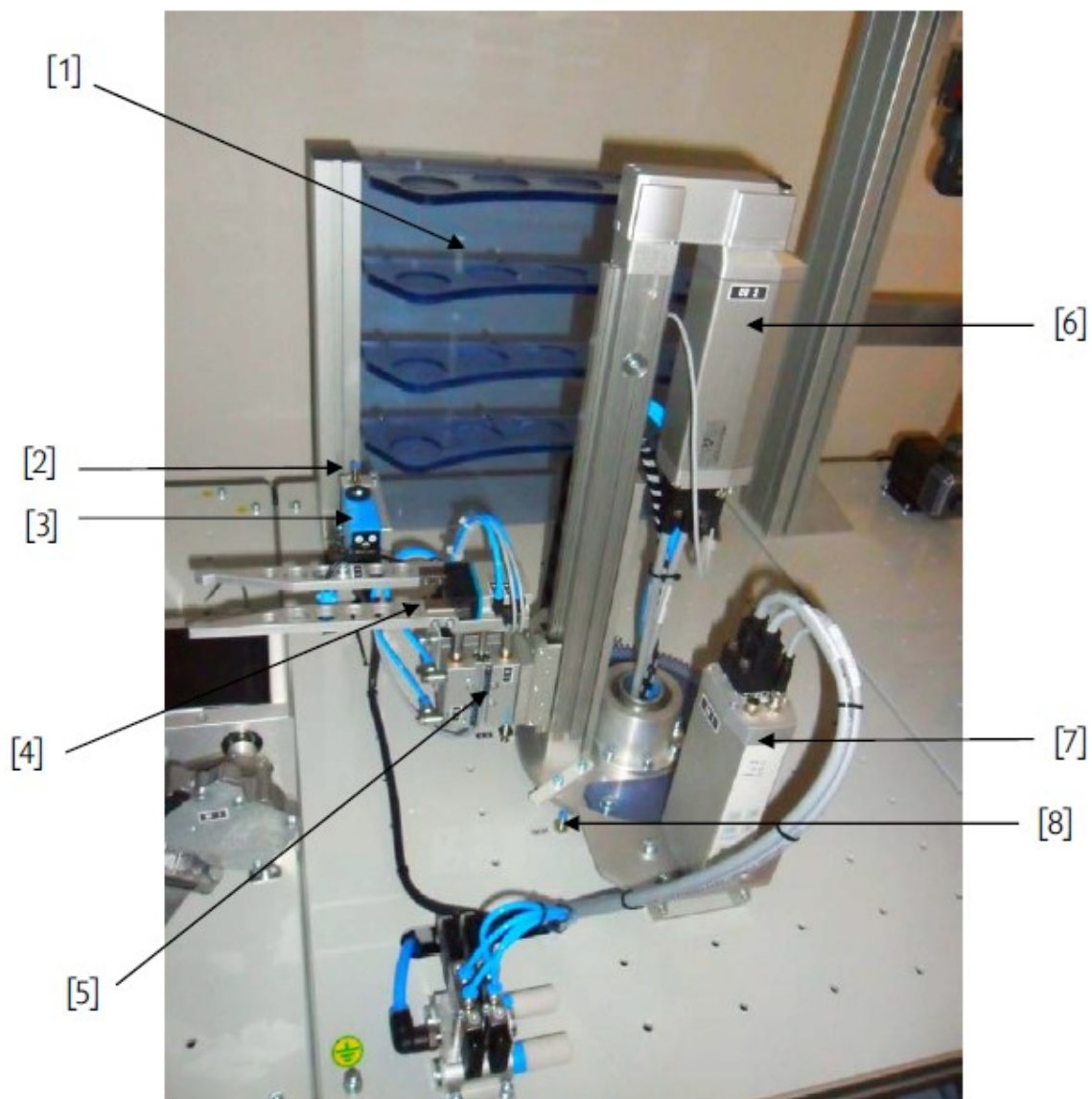
- [1] - Snímač barvy
- [2] – Snímač magnetických vlastností
- [3] – 3 vyrážecí bloky
- [4] – Pásový dopravník poháněný motorem s převodovkou
- [5] – Indukční snímač rotace pásu
- [6] – Optický snímač přítomnosti předmětu před vyrážecem
- [7] – Vyrážec tvořený pneumatickým válcem s čidly v koncových polohách
- [8] – Závora vyrážече tvořená pneumatickým válcem s čidly v koncových polohách

## 2.6 Skladovací pracoviště

Skladovací pracoviště je názornou ukázkou, jak funguje automatizace při skladování předmětů. Pro svou činnost je vybaveno magnetickým a optickým senzorem, které zjišťují přítomnost a vlastnosti puku. Doprava puku je poté prováděna mechanickými a pneumatickými prvky. Puk při své cestě do skladu putuje přes tři úseky: manipulační, testovací a nakonec samotný skladovací prostor. Puk je tedy nejprve

uchopen. Poté je zjištěna jeho barva a následuje přesun do skladu. Skladovací pracoviště má 4 patra a každé z nich má 5 skladovacích míst. [3]

- **Horizontální pohon / rotace:** Horizontální pohon zaručuje dopravu puku na jedno z pěti míst ve skladu. Aby bylo možné pohon aktivovat, tak musí být obdržena informace o tom, že pneumatické chapadlo bylo zdviženo. Následně je zahájena manipulace přivedením aktivačního signálu. [3]
- **Vertikální pohon / zdvih:** Vertikální pohon pomocí pneumatického válce slouží k dopravě puku do určitého patra a pozice ve skladu. [3]
- **Chapadlo:** Přesun puku je prováděn pomocí pneumatického chapadla. To je umístěno na pneumatickém válci, který umožňuje pohyb nahoru a dolů. Otevírání a zavírání chapadla je ovládáno daným výstupem. Pneumatické chapadlo i hydraulický válec jsou vybaveny snímači koncové polohy. [3]
- **Snímač barev:** Snímač od firmy SICK je určen pro rozpoznávání čtyř definovaných barev. U každé může být navíc nastavena citlivost rozpoznávání. Snímač má pevně nastavenou vzdálenost detekce barev na 12,5 mm. Vyžaduje napájecí napětí v rozsahu 10–30 V a odebírá proud maximálně 120 mA. K nastavování detekce barev slouží tři tlačítka a ukazatel z LED. [3]
- **Indukční snímač:** Senzor, vyráběný firmou SICK, je určený pro detekci předmětu, resp. zjištění magnetických vlastností. Doporučená vzdálenost od snímané oblasti jsou 2 mm. Snímač vyžaduje napájení v rozsahu 10–30 V a odebírá méně než 10 mA. Snímač zvládá pracovat v teplotním rozsahu -25 až 75 °C. [3]



Obrázek 7 - Skladovací pracoviště [3]

- [1] – sklad
- [2] - snímač magnetických vlastností
- [3] – snímač barvy
- [4] – pneumatický úchop
- [5] – pneumatický válec
- [6] – vertikální servopohon
- [7] – horizontální servopohon
- [8] – snímač výchozí polohy horizontálního pohonu



### **3 Analýza vlastností vybraných cloudových systémů využitelných pro průmyslový IoT.**

Internet věcí (nebo také IoT) je termín, který vyslovil Kevin Ashton v roce 1999, zatímco se snažil přijít na způsob, jak propojit myšlenku RFID (identifikace na rádiové frekvenci) v jednom dodavatelském řetězci využívajícího internet. Cílem bylo umožnit počítačům shromažďovat data pomocí technologie RFID a senzorů. Tato práce tak nemusela být vykonávána obsluhujícím personálem. Pojem IoT je od té doby interpretován různými způsoby, neboť neexistuje globálně přijatelná definice internetu věcí. Obecně platí, že cílem IoT je propojit všechny věci. To znamená propojit fyzický svět (zařízení, televize, auta atd.) s platformou plnou virtuálních technologií (sociální sítě, cloudové úložiště) pomocí internetu. Další období, které posunulo IoT kupředu, bylo mezi roky 2008 a 2009. Podle odhadů společnosti Cisco byl v tu dobu počet připojených chytrých zařízení větší než počet obyvatel naší planety. Ze začátku tvořily největší skupinu počítače. Postupem času však přibývalo připojených telefonů a domácích nebo průmyslových senzorů. [2]

Hlavní požadavky na IoT jsou:

1. Sběr informací
2. Uložení naměřených informací
3. Analýza nad uloženými informacemi
4. Sdílení dosažených výsledků

#### **3.1 Průmyslový IoT**

Průmyslový internet věcí spadá do větší skupiny známé jako internet věcí. Internet věcí tvoří síť počítačů a různých chytrých zařízení, jejichž úkolem je sbírat velké množství dat. Nashromážděné údaje se odesílají do centrálního úložiště neboli Cloudu. Zde se shromažďují i s ostatními daty a představují tak důležité informace pro koncové uživatele. Iot má za úkol zvýšit automatizaci ve firmách, ale i v domácnostech. [4]

Použití IoT v průmyslové výrobě se nazývá IIoT. Neboli Industrial Internet of Things. Díky IIoT bychom měli zažít revoluci ve výrobě, díky rychlejšímu sběru a sdílení potřebných dat. Několik firem již IIoT do svých výrobních procesů zakomponovalo, avšak tato technologie je stále poměrně mladá.

## **IIoT protokoly**

Jedním z problémů, který nastává při implementaci IIoT, je fakt, že většina firem používá zařízení s různými komunikačními protokoly pro příjem a odesílání dat. V současné době existuje řada komunikačních protokolů, mezi které může patřit například OPC-UA. V oblasti IIoT se rychle stává standardem přenosový protokol MQTT, který si získává oblibu díky své jednoduchosti. [4]

## **Budoucnost průmyslu 4.0**

V současné době je internet jedním z nejdůležitějších faktorů, který průmyslové podniky ovlivňuje dnes a bude je ovlivňovat i v budoucnu. Současná doba tlačí čím dál víc na firmy, aby své prostředí modernizovaly a vypořádaly se tak s rostoucí poptávkou na trhu. Firmy, které zatím implementovaly IIoT do svých výrobních procesů, zaznamenaly zlepšení v oblasti bezpečnosti a pracovní efektivity. Fakt že IIoT je v současné době na vzestupu, napovídá tomu, že tyto statistiky by se měly postupem času zlepšovat. [4]

### **3.2 MQTT protokol**

Message Queue Telemetry Transport je představitelem jednoduchého a nenáročného protokolu pro přenos malého množství dat. K přenosu používá TCP/IP síť a komunikační vzor Publish/Subscribe. Tento vzor se skládá ze tří účastníků: Publisher, Subscriber a message broker. Je zde využíváno principu *one to many delivery*. Tedy víc klientů může odebírat zprávy od jednoho publishera. Každý klient má možnost připojení k brokeru, a tedy může posílat zprávy ostatním klientům. [5]

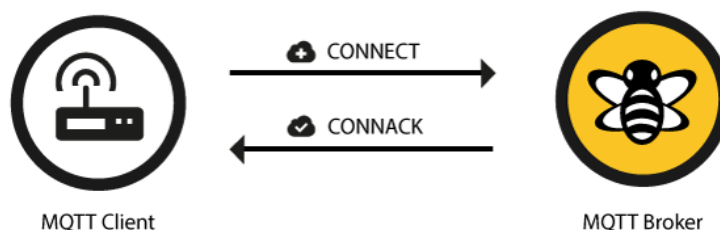
Pro MQTT protokol platí, že klienti o sobě navzájem nevědí a každý klient může být jak Publisherem, tak i Subscriberem. Subscriber také nemusí vědět od koho je daná zpráva zaslána, pokud tyto údaje nejsou ve zprávě obsaženy. Příjemce i odesílatel zprávy nemusí být připojeni ve stejnou chvíli. Pokud je zpráva zaslána a příjemce není připojen, broker podrží zprávy až do doby připojení. Jednotliví klienti nemusí být připojeni ke stejnému brokeru. Zpráva může putovat mezi vícero brokery až do doby, než dorazí ke svému cíli. [1]

Výhodou MQTT je, že i když se koncové body v síti tváří jako klienti daného brokeru, který se chová jako server a leží mimo firewall, tak je možné se k tomuto brokeru připojit odkudkoliv.

Nevýhodou MQTT může být používání struktury Publisher/Subscriber. Metoda je užitečná, pokud se zasílá velké množství dat pro více klientů. Data se zasílají ve stejném formátu a většina z nich se využívá. Pokud bychom však chtěli jednotlivé zprávy modifikovat, provádět oboustrannou komunikaci v reálném čase, tak by bylo vhodnější použít jinou metodu. [1]

### 3.2.1 Způsob komunikace

MQTT spojení je vždy mezi jedním klientem a brokerem. Žádný klient není nikdy spojený přímo s jiným klientem. Připojení vždy začíná ze strany klienta, a to zasláním zprávy CONNECT na broker. Broker poté odpovídá zprávou CONNACK. Po navázání spojení nechá broker připojení otevřené do doby, než se klient odpojí nebo ztratí připojení. [1]



Obrázek 8 - Navázání spojení [1]

Po navázání spojení je klient schopný posílat zprávy. MQTT používá na brokeru filtrování zpráv, které je založené na tématech neboli *topics*. Proto každá zpráva musí obsahovat *topic* a podle něj je poté zaslána danému klientovi.

Zprávy by měly obsahovat tyto položky:

- **PacketID** – identifikátor zprávy
- **TopicName** – téma, podle kterého se zprávy třídí
- **QoS** – stupeň důležitosti zprávy
- **Payload** – obsah zprávy

### 3.2.2 Topics

Témata jsou v MQTT reprezentována jako řetězce v UTF-8 kódování. Zprávy se v MQTT dělí do jednotlivých témat podle Topics. Každá zpráva patří do jednoho určitého tématu. Témata jsou představována jako řetězce. Téma se skládá z jedné nebo více úrovní tématu. Každá úroveň tématu je oddělena lomítkem. Např. senzor, který by byl umístěn v ložnici v druhém patře obytného domu, by měl adresu: Dům/2.patro/ložnice/senzor\_teploty. V jakém pořadí bude hierarchie tématu poskládána, je na uživateli. [1]

### 3.2.3 Quality of Service

MQTT protokol má k dispozici tři stupně garance doručení: [1]

- QoS 0 – zpráva je odeslána maximálně jednou, bez potvrzení a její doručení není zaručené (*at most once*)
- QoS 1 – zpráva je odeslána alespoň jednou (*at least once*)
- QoS 2 – zpráva je doručena přesně jednou (*exactly once*)

Při prvním stupni garance, tedy QoS 0, Publisher jen zašle do brokeru zprávu *PUBLISH* a ten ji tím samým způsobem pošle dále všem subscriberům, kteří jsou přihlášení pro odběr daného tématu. Použití tohoto stupně garance se používá nejčastěji v lokálních sítích. [1]



Obrázek 9 - QoS 0 [23]

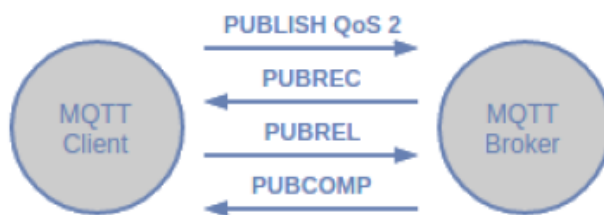
Druhý stupeň garance zabezpečí, že Publisher odešle na broker *PUBLISH* zprávu a čeká na odpověď. Broker přijatou *PUBLISH* zprávu přeposílá dále subscriberům a následně potvrzuje její přijetí zprávou *PUBACK*. Publisher po obdržení *PUBACK* zprávy porovná identifikátor packetu s původní *PUBLISH* zprávou a pokud se vše shoduje, Publisher ví, že původní zpráva dorazila na broker a není tedy třeba ji zasílat znovu. Tento stupeň garance bývá používán nejčastěji a jeho uplatnění můžeme vidět například v mobilních sítích. [1]



Obrázek 10 - QoS 1 [23]

Nejvyšší stupeň garance, QoS 2, zabezpečuje doručení zprávy subscriberovi přesně jednou a jeho princip je následně popsán. Publisher stejně jako u QoS 1 odešle *PUBLISH* zprávu na broker, který ji přijme, rozešle všem subscriberům a následně vrátí publisherovi zprávu *PUBREC*. Na ni původní Publisher odpovídá zprávou *PUBREL*, čímž potvrdí, že je obeznámený s úspěšností přijetí zprávy brokerem a může tak vymazat odeslanou *PUBLISH* zprávu. Celou úspěšnou komunikaci zakončuje

broker zasláním zprávy PUBCOMP. Stejný způsob komunikace je používán i mezi brokerem a subscriberem. [1]



Obrázek 11 - QoS 2 [23]

Za zmínku také stojí, že Publisher může zprávu odeslat s jakýmkoliv QoS do brokeru. Broker poté zprávu posílá se stejným QoS dalším odběratelům. Odběratel si však může zvolit, jakou úroveň QoS chce přijímat. Pokud tedy do brokeru dojde zpráva s QoS 2 a odběratel má nastavenou hodnotu QoS 1, dojde mu ta samá zpráva jen s úrovní QoS 1. Nastává zde však možnost, že daná zpráva může být doručena vícekrát než jen jednou. [1]

Další možné nastavení se jmenuje *retain flag*. Toto nastavení říká, že broker po odeslání zprávu nemaže, ale uchovává si ji a posílá dalším subscriberům, kteří se o odběr přihlásí později.

### 3.2.4 Zabezpečení MQTT

V dané přihlašovací sekvenci se k autorizaci klienta používá *ClientID* a poté se volitelně může použít i uživatelské jméno *Username* a heslo *Password*. Pokud nám možnosti klienta dovolují vlastní nastavení *ClientID*, je vhodné použít takový název/řetězec, který *ClientID* bude nejlépe charakterizovat. Komunikace MQTT také podporuje protokol SSL/TLS, který umožňuje zabezpečení pomocí SSL certifikátu. Při vývoji aplikace, která využívá MQTT protokol, je na místě myslet na to, že základní verze MQTT využívá nešifrované textové řetězce. Proto je v některých případech zapotřebí použít SSL/TLS k ochraně přenášené citlivé informace, např. hesla. [5]

Podle použité úrovně šifrování jsou předepsány tyto TCP kanály: [1]

- **1883** – Nešifrovaná komunikace / *unencrypted*: jedná se o základní a nejběžněji používaný MQTT komunikační kanál. Na tomto kanálu je komunikace mezi odesílatelem a příjemcem zcela nešifrována. Po tomto kanálu by tedy neměla být přenášena citlivá data jako jsou hesla. Nejčastěji se tento typ komunikace používá v lokálních sítích.
- **8883** – Šifrovaná komunikace / *encrypted*: v tomto případě jsou data šifrována pomocí SSL/TLS protokolu. Tato varianta bývá používána v případě, že jsou citlivá data zasílána mimo lokální síť. Nejčastěji v případech, kdy jsou data zasílána do externího cloudového úložiště.

### 3.3 Vlastnosti Cloudu

V této práci byl primárně k ukládání a zobrazování dat zvolen cloud od firmy IBM. Slovo *cloud* v angličtině znamená mrak, a tak jsou většinou charakterizovány i ikony samotného úložiště. Funkce cloudu spočívá v poskytování služeb jako jsou úložiště, databáze, softwaru nebo analytické nástroje prostřednictvím internetu. Do této kategorie také spadá pojem *Cloud computing*. Jedná se vlastně o poskytování různých služeb či programů prostřednictvím internetu, kde uživatelé mohou ke svým projektům přistupovat vzdáleně např. pomocí webového prohlížeče. V případě placených úložišť se většinou cena odvíjí od množství využitého místa.

Příklad využití cloudových služeb:

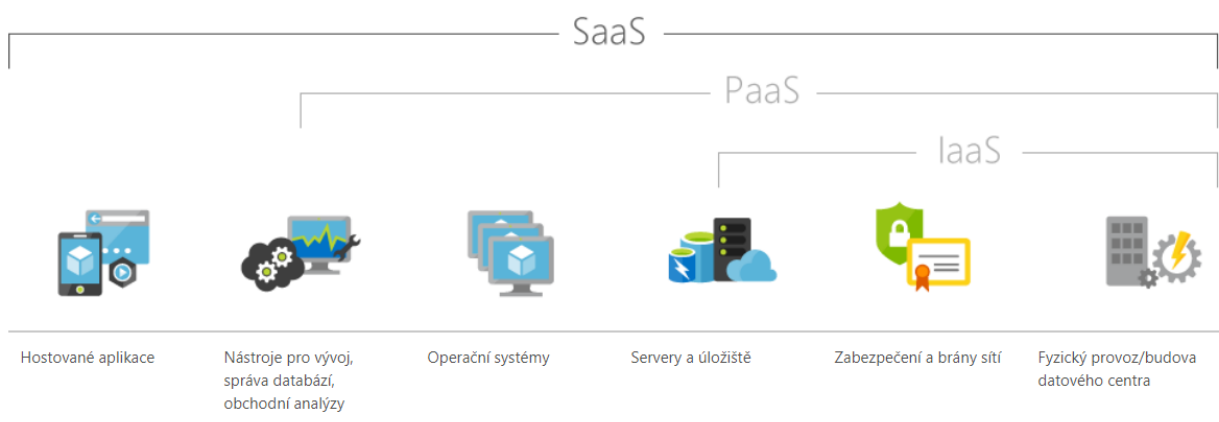
- Tvorba aplikací
- Uložení, zálohování a obnovení dat
- Distribuce softwaru
- Analýza dat s následným vyhodnocením

**Výhody používání Cloudových služeb:**

- **Náklady** – využitím cloudových úložišť odpadají starosti s pořizováním hardwaru a softwaru, datových center, serverů a v neposlední řadě techniků, kteří by tyto věci museli spravovat. [6]
- **Rychlost** – jestliže jsme se rozhodli pro danou službu, její uvedení do provozu bývá většinou otázkou několika minut. [6]
- **Globalizace** – výhodou cloudových služeb je, že se mohou spustit odkudkoliv, kde máme přístup k internetu. IBM cloud má např. dostupnost i podle geografických lokalit – U.S., U.K., Německo nebo také Sydney. [6]
- **Produktivita** – na cloudu je možné využít velké množství služeb, které jsou již předpřipravené a ušetří nám tak hodiny programátorské práce. [6]
- **Výkon** – v pozadí cloudových služeb stojí rozsáhlá datová centra s velkým výpočetním výkonem. Včasné zpracovávání dat tak bývá zaručeno i ve špičce, kdy cloudové služby využívá velké množství lidí. [6]
- **Garance zálohy dat** – zálohování dat při případné havárii aplikace a následném znovu uvedení do provozu bývá snadnější a méně nákladné. A to díky možnému zrcadlení dat na více míst. [6]

### Typy cloudových platforem:

- **IaaS – Infrastructure as a Service:** prvním typem cloudové platformy je infrastruktura jako služba. U platformy SaaS a PaaS jsou zákazníkům poskytovány přímo aplikace, kdežto u IaaS je nabízen pouze hardware a firma s ním naloží tak, jak sama uzná za vhodné. Výhodou této platformy je, že nemusíme kupovat servery, racky, softwary, ale pronajmeme si tyto věci u jiné společnosti, která zároveň ručí za jejich servis a správný chod. [6]
- **PaaS – Platform as a Service:** druhým zástupcem je platforma jako služba. Oproti IaaS nám poskytovatel nabízí také vývojové prostředí pro aplikace, které jsou následně používány v cloudu. Výhoda PaaS je, že veškeré prostředky potřebné k vytvoření aplikace jsou dostupné z webového rozhraní. Není nutné cokoli stahovat. Pod tuto platformu spadá i IBM Bluemix, který je v této práci používán. [6]
- **SaaS – Software as a Service** - nejvyšší vrstvu cloud computingu zastupuje platforma SaaS. Zákazníkovi je dodávána již finální aplikace. Uživatel zde má jen omezené možnosti, kterými může změnit vlastnosti aplikace. Zákazník zde platí za používání softwaru, a nikoliv za nákup. Výhodou je, že se zákazník nemusí starat o aktuální verze aplikace nebo o její stažení do PC, vše je totiž opět dostupné z internetu. Nevýhodou může být již zmiňovaná malá možnost úpravy aplikace. To je ovšem výhodou pro dodavatelskou firmu, která nemusí vytvářet aktualizace pro každou aplikaci zvlášť. Princip všech tří platforem je znázorněn na obr. 12. [6]



Obrázek 12 – Typy cloudových platforem [7]

### Modely cloud computingu

- **Veřejný cloud - Public Cloud:** veřejný cloud patří do nejčastější formy sdílení dat. Cloudové prostředky jako hardware a software jsou vlastněné a spravované poskytovatelem. U veřejného cloudu jsou hardware a úložiště sdíleny s ostatními uživateli. Přístup ke službám a spravovaným datům je skrze webový prohlížeč. Veřejný cloud se používá nejčastěji pro emaily nebo úložiště. [6]

- **Privátní cloud** – *Private cloud*: na rozdíl od veřejného cloudu nejsou výpočetní prostředky sdíleny s ostatními lidmi, ale pouze v rámci jedné firmy nebo organizace. Fyzicky může být cloud umístěn přímo v dané firmě nebo také u poskytovatele těchto služeb. Hlavní důvod vzniku privátních cloudů bylo lepší zabezpečení dat. Privátní cloudy bývají provozovány za vlastním firewallem a to zvyšuje úroveň zabezpečení. [6]
- **Hybridní cloud** – *Hybrid cloud*: již z názvu je patrné, že toto řešení kombinuje veřejné a privátní cloudy. Toto řešení se využívá u větších firem, které potřebují větší zabezpečení privátního cloudu, který je také propojen s cloudem veřejným. Ve firmách může být využití veřejného cloudu pro emailovou schránku a privátní cloud může být používán pro citlivější data jakou jsou osobní údaje nebo finanční výkazy. [6]

### 3.4 Poskytovatelé cloudových služeb v oblasti IoT

V posledních letech se téma IoT začíná objevovat čím dál tím častěji. Společně s rostoucí poptávkou po IoT zařízeních roste úměrně i poptávka po cloudových úložištích, která skladují naměřená data. V této kapitole budou zobrazeny rozdíly mezi platformami používanými pro průmyslový IoT a v následujících kapitolách budou podrobněji rozebrány použité platformy IBM a Ubidots, které byly uplatněny v rámci této diplomové práce.

V současné době jsou nejvíce používána cloudová úložiště od firem Google, Amazon, Microsoft, IBM nebo právě rozrůstající se a pro studenty příznivá platforma Ubidots. V rámci diplomové práce byl kladen důraz na použití úložiště od IBM. Jako druhý byl použit méně známý cloud od firmy Ubidots.

V následující tabulce jsou porovnány vlastnosti cloudových platform použitelných pro IoT.

- **Amazon** – Amazon na trhu dominuje v oblasti poskytování cloudových služeb. Je možné jej využívat v 17 geografických regionech. AWS (Amazon Web Service) poskytuje sadu pro vývoj softwaru, která pomáhá uživatelům připojit svoje hardwarové zařízení. Podporuje komunikační protokoly http, MQTT. Amazon požaduje vzájemnou autentizaci a šifrování během přenosu informací. Uživatelská data jsou tak vždy chráněna. [8]
- **Microsoft** – Azure cloud od společnosti Microsoft patří také mezi vyhledávaná úložiště. Azure disponuje velkým množstvím předem nakonfigurovaných služeb, které jsou ihned připraveny k použití. Podporuje velkou řadu operačních systémů a protokolů. Umožňuje analyzovat a vizualizovat velké množství dat. A v poslední řadě udává zvýšenou bezpečnost v oblasti IoT. [9]
- **Google** – Společnost Google např. zaručuje rychlé dodání dat s minimální latencí. A to díky optické síti, která je vybudována ve více jak 30 zemích. Google například nabízí predikci dat na základě právě přijímaných informací. [10]



Tabulka 1 - Vlastnosti cloudových platforem [8] [9] [11]

Kritérium	IBM	Google	Microsoft	Amazon	Ubidots
Flexibilní ceny	+	+	+	+	+
Datové centrum	+	+	+	+	(+)
Zákaznická podpora	+	+	+	+	+
Grafické rozhraní	+	+	+	+	+
Podpora MQTT	+	+	+	+	+
Úložiště	+	+	+	+	+
Zabezpečená komunikace	+	+	+	+	+
Vytváření pravidel	+	+	+	+	+
Vizualizace dat	+	+	+	+	+
Úprava zdrojového kódu	+	+	+	+	+
Trial verze (dny)	30	60	Neomezená doba	12 měsíců	30
<b>Legenda:</b> Vlastnost je dostupná: + Vlastnost je dostupná prostřednictvím třetí strany: (+)					

Z přechozího srovnání je možné vidět, že všechny zmíněné platformy disponují vlastnostmi, které se od cloudových úložišť očekávají. Záleží tedy na podnikatelském záměru nebo průmyslovém nasazení. V současné době může hrát roli kvalita nabízených služeb nebo cena, kterou si poskytovatel účtuje za využívání úložiště.

### 3.5 IBM cloud

Firma IBM je technologickou společností, která byla založena 16. června 1911. IBM Bluemix je otevřená platforma, která funguje na principu PaaS. IBM Bluemix poskytuje mobilním a webovým vývojářům přístup k softwaru IBM pro integraci, zabezpečení, transakce atd. Katalog služeb, který je dostupný na IBM stránkách zahrnuje DevOps, finance, IoT, mobil, zabezpečení, Watson atd. [12]

Služba Watson IoT, která je využita i v této práci umožňuje komunikaci mezi aplikací a připojenými zařízeními a následně zpracovat data přijatá z těchto zařízení. Watson IoT navazuje spojení se zařízeními, branami (gateways) atd. Ke komunikaci je využíván protokol MQTT. MQTT je jednoduchý komunikační protokol, který využívá architektury Publish/Subscribe a je využíván ke komunikaci s cílovými zařízeními. Nejprve musí být zařízení registrováno a až poté je možné navázat MQTT spojení s MQTT brokerem od IBM. Služba Watson IoT přijímá data ze zařízení a následně je

posílá do vytvořené aplikace. IBM podporuje více vývojových jazyků jako Java, Node.js, PHP, Python. IBM také poskytuje podporu pro ukládání dat a jejich analýzu. [12]



Obrázek 13 - Watson IoT princip

Často používané výrazy u IBM Bluemix:

- **Space:** *Space* je logické seskupení všech zdrojů, které používáme v rámci Bluemix
- **Boilerplate:** *Boilerplate* poskytuje rychlé odkazy na aplikace a související vývojové prostředí
- **Service:** Bluemix poskytuje velké množství služeb, které lze vybrat při vývoji webové nebo mobilní aplikace. Služba Internet of Things může být využita pro správu a ovládání zařízení. Služby jako Watson IoT, databázové služby atd. lze kombinovat s jinými službami a lze tak vytvořit pokročilejší aplikaci.
- **Application:** IBM Bluemix poskytuje prostředí jak pro běh, tak i pro vývoj webové aplikace. Aplikace je něco, co má připojení k internetu a pracuje s daty ze zařízení a ovládá toto zařízení. Identifikace zařízení s platformou Watson IoT probíhá pomocí API a jedinečného ID. Na rozdíl od zařízení se jednotlivé aplikace nemusí zaregistrovat předtím, než se pokusí připojit k platformě Watson IoT.
- **Organization:** Při registraci do platformy Watson IoT nám je dáno organization ID. ID organizace je jedinečný šestimístný identifikátor. Organizace zajišťuje, že data jsou přístupna pouze jejím přidruženým zařízením a aplikacím. Komunikace mezi dvěma organizacemi není možná. Jediná cesta je vytvoření aplikace v každé organizaci a ty si budou data mezi sebou vyměňovat.

### 3.5.1 Watson IoT

IBM Watson pro IoT je k dispozici prostřednictvím platformy IBM Bluemix. IBM Bluemix umožňuje vytváření webových nebo mobilních aplikací v různých jazycích jako je PHP, Java, Python, node.js. Služba IoT od společnosti IBM Bluemix přijímá data z inteligentních zařízení a může je dále posílat do vytvořených aplikací. Nabídka produktů od IBM Watson IoT zahrnuje analýzu, připojení a správu informací. K platformě Watson IoT, která podporuje správu zařízení a vizualizaci dat v reálném čase, lze připojit zařízení podporující IoT pomocí protokolu MQTT. Pro získání náhledu dat z IoT zařízení v reálném čase nabízí Watson IoT prediktivní, kognitivní a kontextovou analýzu. IBM Watson management nabízí strukturovanou i nestrukturovanou správu dat, ukládání informací a archivaci

informací. IBM Watson splňuje požadavky kladené na IoT např. připojení IoT zařízení, sběr dat v reálném čase, správa zařízení, ukládání a analýza dat. Platforma IBM nachází své uplatnění v oborech jako je zdravotnictví, doprava, počasí, průmysl. [13]

### 3.5.2 Komunikace mezi IoT zařízením a IBM platformou

IoT zařízení může být připojeno do cloudové platformy od IBM pomocí MQTT protokolu. IBM Watson IoT umožňuje svým uživatelům vytvářet webové nebo mobilní aplikace. Komunikace mezi IoT platformou a aplikací je možná skrze HTTP přes web-socket.



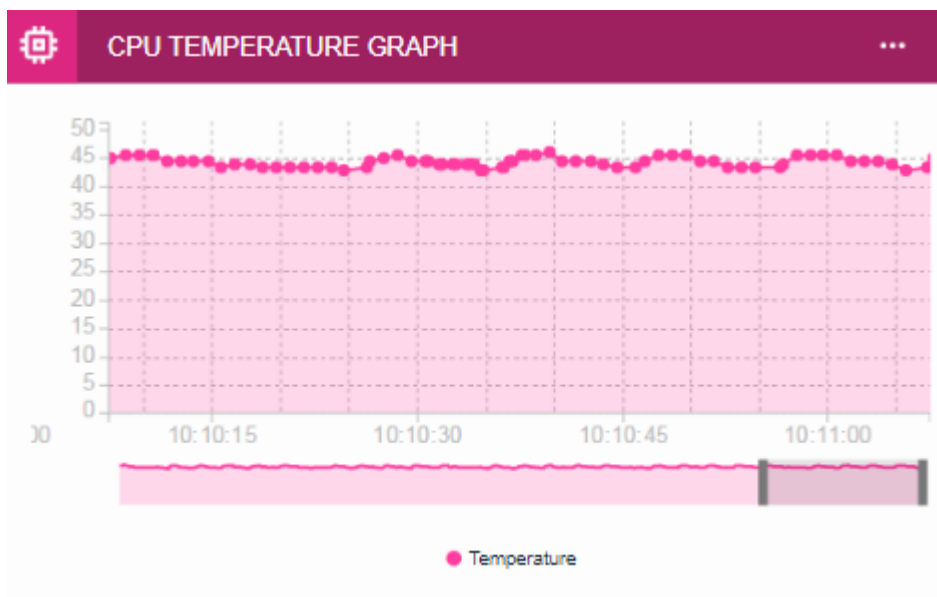
Obrázek 14 - IBM komunikace [12]

Následující kroky jsou nezbytné k umožnění komunikace mezi IoT zařízením a platformou IBM Bluemix.

1. Přihlášení do platformy IBM Bluemix.
2. Registrace zařízení na platformě IoT. Tento krok vytvoří jedinečný identifikátor pro naše IoT zařízení. V tomto kroku je možné nastavit věci jako Device ID, Device Typy, heslo a token.
3. Připojení zařízení k IoT platformě pomocí MQTT protokolu. Jsou použity údaje z bodu 2.
4. Po úspěšném propojení může zařízení posílat data na připojenou IoT platformu.
5. Platforma IoT nyní může přijímat data a provádět s nimi různé operace. Data však musí být ve formátu JSON.
6. Přijatá data mohou být vizualizována a analyzována nebo mohou být zaslána do jiné přidružené aplikace k dalšímu zpracování.
7. Aplikace může poslat příkaz do IoT služby a ta může dále ovládat naše zařízení. IoT zařízení pak pošle příkaz cílovému zařízení, které provede danou operaci. V tomto případě zařízení IoT 2040 pošle příkaz do PLC 1500.
8. Služba platformy IoT může mít předem definovaná pravidla, která provádějí různé akce v závislosti na přijatých datech. Například je-li zásobník puků v PLC lince prázdný, tak bude vyslán příkaz k vypnutí.

### 3.5.3 Vizualizace dat v IBM Watson IoT pro Bluemix

Údaje nashromážděné z IoT přístrojů je možné vizualizovat pomocí vestavěné vizualizace ve službě Watson IoT. Služba *Internet of Things* umožňuje vytvářet grafy v reálném čase a vizualizovat tak data ze senzorů. Graf pracující v reálném čase může být také nastaven, aby vizualizoval data ve sloupcovém grafu. Služba IoT od Bluemix rovněž zobrazuje informace týkající se konkrétního zařízení, tj. informace o připojení, nedávné události, informace o senzorech a čas přijetí. Spolu s tím se přijímají i chybové hlásky nebo logy týkající se připojení. [14]



Obrázek 15 - Graf zobrazující data v reálném čase [14]

Tabulka 2 - Přehled boardů [14]

Název Boardu	Popis	Obsah karty
Přehled využití	Statistika využití uživatelské organizace. Zobrazuje typy zařízení a používaná data.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Typy zařízení</li><li>• Přenesená data</li></ul>
Pravidla	Zobrazuje vytvořená pravidla. Připojená zařízení, výstrahy, vlastnosti zařízení a informace o výstrahách.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Upozornění na pravidla</li><li>• Informace o upozornění</li><li>• Připojená zařízení</li><li>• Informace o zařízeních</li></ul>
Zařízení	Zařízení, která jsou připojena k vaší organizaci. Jsou zobrazovány informace	<ul style="list-style-type: none"><li>• Spravovaná zařízení</li><li>• Informace o zařízení</li><li>• Vlastnosti zařízení</li></ul>

	vybraného zařízení, informace ohledně výstrah atd.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pravidla pro dané zařízení</li> </ul>
Zabezpečení a rizika	Celkový stav zabezpečení organizace. Zobrazuje informace o stavu připojení, příčiny selhání připojení, povolená nebo zablokovaná zařízení.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soulad s pravidly</li> <li>• Zabezpečení připojení</li> <li>• Seznam Blacklist/Whitelist</li> </ul>

### 3.5.4 Zálohování dat u Watson IoT

Zálohování dat je nedílnou součástí všech IoT zařízení. Především v oblasti senzoriky je sběr dat a jejich následné přezkoumání a analýza jedním z hlavních požadavků. Watson IoT sám o sobě slouží pouze k zobrazování aktuálních hodnot. Tato služba v základu neposkytuje jakékoliv zálohování přijatých dat. Aby bylo možné data zálohovat, tak je zapotřebí aktivovat další službu, která je k zálohování dat určena. Služba, která se v našem případě nainstalovala současně s Watson IoT se jmenuje Cloudant NoSQL DB. Aby byla data přenášena ze služby Watson IoT, je zapotřebí v nastavení tuto službu propojit s Cloudantem NoSQL. V databázi se poté po určitém časovém intervalu vytvoří soubor, ve kterém jsou ve formátu JSON uložena příchozí data. Nejkratší interval vytvoření souboru je po uplynutí 24 hodin. Ve zprávě bývají obsaženy údaje jako deviceId, deviceType, eventType, data a \_id příchozí zprávy. Příklad je uveden v následující tabulce.

**Tabulka 3 - Cloudant NoSQL tabulka**

_id	Data	deviceId	deviceType	eventType
0022f760-2c1f-11e8-a629-6d2ef6b65e33	{ "d": { "value": "False" } }	IoT2040vsb	IoT2040vsb	event

Uložená data je možné exportovat ve formátu csv a následně je použít k dalšímu zpracování. Exportování dat probíhá ručně přes řádek v internetovém prohlížeči. Pro exportování dat je zapotřebí zadat následující odkaz do prohlížeče a změnit položky Cloudant service ID a dbName. [https://{cloudant service id}-bluemix.cloudant.com/{dbName}/\\_design/iotp/\\_list/csv/by-date?include\\_docs=true](https://{cloudant service id}-bluemix.cloudant.com/{dbName}/_design/iotp/_list/csv/by-date?include_docs=true).

### 3.5.5 Zabezpečení Watson IoT

Jednou z problematických částí je nepochybně zabezpečení, a to z důvodu velkého množství zařízení, která mezi sebou navzájem komunikují. Tato zařízení bývají dostupná ve veřejných prostorech a hlavně

prostřednictvím internetu. Architektura Watson IoT je navržena tak, aby se do ní nebylo možné připojit zařízením, které nemá potřebná oprávnění. Aby bylo možné se do služby Watson IoT přihlásit, je zapotřebí zadat údaje jako deviceId, DeviceType a autorizační token. Všechny tyto údaje jsou zadány při vytváření zařízení a není je možné změnit. Token je navíc po svém vytvoření již nedohledatelný a je tedy nutné si jej poznamenat. Pokud by došlo k jakýmkoliv pochybnostem ohledně určitého zařízení, je možné je zablokovat. Watson IoT podporuje zabezpečení na úrovni TLS a certifikátů. Služba Watson IoT je certifikována podle standardu ISO 27001, který definuje osvědčené postupy pro zabezpečení informací, hlavně pak zabezpečení informací, které se týkají procesů, IT systémů a uživatelů.

### 3.5.6 Watson IoT ceník služeb

Watson IoT je možno využívat jak v neplacené verzi, tak v placené. Neplacená verze má však jistá omezení, která budou později uvedena v tabulce. Úrovně jsou v IBM děleny na Lite, Standard a poté na nejvyšší vrstvu, která může být pojmenována u každé služby jiným názvem. Pro normálního uživatele je neplacená verze dostupná na dobu neurčitou, avšak je mu přístupná pouze verze Lite. Studentská verze je dostupná na dobu 6 měsíců a je v ní možné používat i verze Standard. Služby bývají zpoplatněny na základě množství použitých zařízení, množství přenesených dat nebo u databází to bývá třeba počet zápisu za vteřinu. Ceník služeb je uveden v následující tabulce.

**Tabulka 4 - Ceník služeb [15]**

Typ	Funkce	Cena
<b>Watson IoT</b>		
Lite	Maximálně 500 zařízení Maximálně 500 propojení s aplikací Maximálně kapacita 200 MB pro přenos dat	Free
Standard	Zpoplatnění přenášených dat	1-449,999 MB €0.000965 EUR/Megabyte
<b>Cloudant NoSQL DB</b>		
Lite	1 GB paměti 20 čtení/ sek 10 zápisů / sek	Free
Standard	20 GB paměti 100 čtení / sek 50 zápisů / sek	€0.7522 EUR/GB uložených dat €0.188 EUR/čtení za sek €0.3761 EUR/ Zápis za sek

## 3.6 Ubidots Cloud

Společnost Ubidots byla založena v roce 2012. Vznikla jako soukromá firma zabývající se připojením na hardwarové a softwarové projekty, aby je mohla monitorovat, ovládat a optimalizovat. Prvotní oblast, na kterou se firma zaměřovala, byla zdravotní péče. [16]

Ubidots je cloudová služba pro projekty, které se zabývají tématem IoT se zaměřením na zpracování dat a následnou analýzu. Platforma pracuje s 5 základními složkami: Data Source, Variable, Value, Event a Widget. Data source představuje připojené zařízení, které může obsahovat více proměnných. Variable je proměnná, která se mění v čase. Hodnota neboli Value je stav proměnné v určitém čase. Event jsou události, které se spustí, jestliže proměnná splňuje určité podmínky. Widgety slouží k vizualizaci dat.

### 3.6.1 Ubidots / Ubidots for Education

Ubidots se rozděluje na dvě platformy. Ubidots a Ubidots for Education. Education služba je určena k nekomerčnímu použití u usnadňuje pochopení a přístup každému, kdo má zájem o IoT. Primárně je tedy určena pro studenty, ale může ji použít člověk, který se s IoT teprve začíná seznamovat. Odkaz na tuto službu je [app.ubidots.com](http://app.ubidots.com).

Jestliže je projekt zaměřený na komerční oblast, je zapotřebí použít službu Ubidots, jelikož má více možností a není tak omezená jako Education verze. Projekt je poté možno založit na stránce [industrial.ubidots.com](http://industrial.ubidots.com).

### 3.6.2 Ubidots for Education

Úložiště:[17]

- Sdílený server a výpočetní zdroje pro všechny uživatele Education verze. Rychlost tedy záleží na momentálním zatížení.
- Využití pouze pro nekomerční účely (Vzdělání, Začátky s IoT).
- Je možno používat až 5 zařízení.
- Data jsou zálohována po dobu 3 měsíců.
- Až 60 dots za minutu pro všechny proměnné. Dots je měna v rámci platformy Ubidots a bude popsána později.
- Možnost podpory v rámci komunity a Help centra.
- Volných 5000 creditů (dots) pro založení projektu.

**Zahrnuté funkce: [17]**

- První zařízení zdarma (až 10 proměnných).
- Panely pro vizualizaci.
- Maximálně 10 widgetů na jeden vizualizační panel.
- Upozornění přes SMS nebo Email.
- Vytváření proměnných pomocí matematických operací.
- Výpočet proměnných ze všech uložených údajů, např. denní průměr teplot.

**3.6.3 Ubidots****Úložiště: [17]**

- Není zde žádné omezení použití. Může být tedy použito pro komerční účely.
- Od 1 až po 1000 zařízení.
- Data jsou uchovávána po dobu 2 let.
- Podpora skrze live chat nebo telefon.
- Uživatel má přidělenou část serveru pro ukládání a zpracovávání dat.

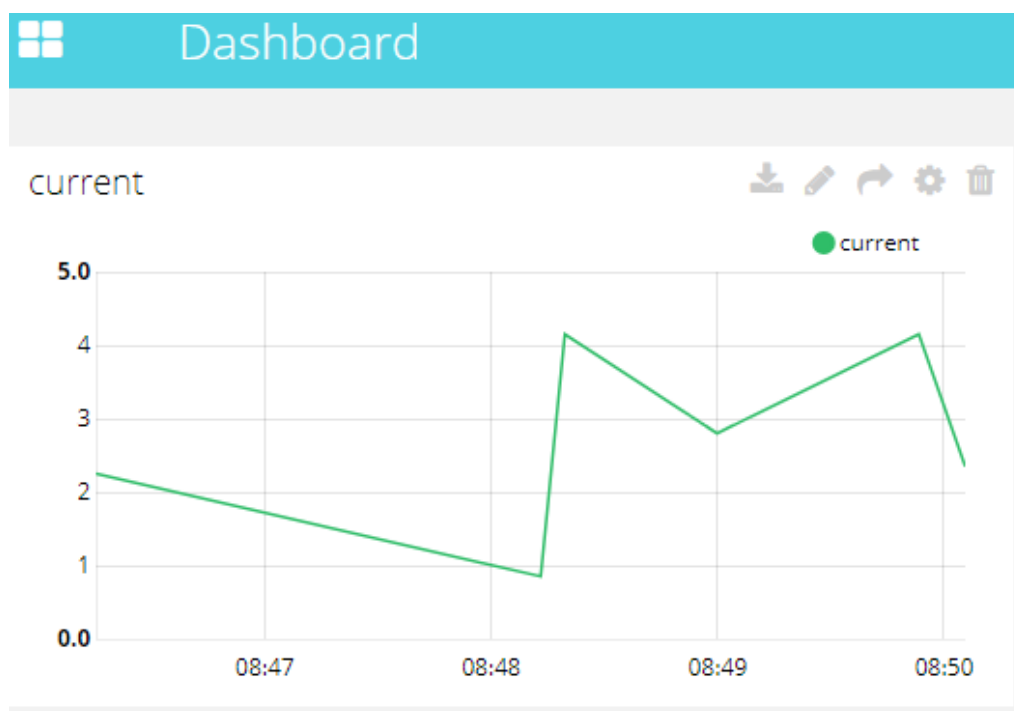
**Zahrnuté funkce: [17]**

- Správa aplikací: vytvoření několika aplikací, z nichž každá má vlastní doménu, logo a vlastní stránky.
- IoT App Builder: možnost vytvoření vlastních widgetů.
- Správa uživatelů: možnost přidat více uživatelů a přidělit jim odlišná oprávnění.

**3.6.4 Vizualizace a sdílení dat**

Ubidots umožňuje vizualizaci více widgetů. Jak bývá běžné, je možné použít klasický spojnicový graf nebo takové bodový a sloupcový. Mohou být zobrazeny průměrné, maximální a minimální hodnoty, součty čísel a poslední zaznamenaná hodnota. U všech hodnot je možné zjistit, v jakou dobu byly zaznamenány. Je možné nastavit, jaký časový úsek chceme vidět, např. dnes, včera, minulý týden nebo minulý měsíc. Na mapě je také možné zobrazit polohu zařízení pomocí GPS, jestliže to aplikace vyžaduje. Získané hodnoty je možné zobrazovat v tabulkové formě, kterou je možné i exportovat. Poslední variantou může být jednoduché zobrazení stavu ON/OFF nebo právě měřené veličiny.





Obrázek 16 - Graf Ubidots

Výsledné grafy, jednotlivě zobrazované hodnoty nebo např. ovládací prvky je možné sdílet s ostatními lidmi. Oproti firmě IBM zde může být tato služba brána jako výhoda. U IBM je možné sdílet svoje údaje pouze s lidmi, kteří mají také svůj účet u Bluemix a zároveň jsou přizváni do daného projektu. Přizvání lidé mohou zasahovat do nastavení jednotlivých zařízení nebo grafů. Firma Ubidots nabízí sdílení dashboardu, tedy sice jen vizualizace a ovládacích prvků, i s lidmi, kteří nejsou u Ubidots registrováni. Odpadá tak starost s případnou registrací a výsledky daného projektu může vidět kdokoli, komu bude odkaz poskytnut.

Data z jednotlivých senzorů je také možné sdílet. V záložce Device je funkce pro export jednotlivých dat do souboru csv, který pak může být použit pro další zpracování.

### 3.6.5 Zpracování dat

Další zpracování dat u Ubidots se děje pomocí událostí. Ty monitorují jednotlivé proměnné a spouštějí akce při dosažení podmínky. Vytvoření akce je čistě vizuální činnost a je prováděna krok za krokem. Jako operátory si můžeme zvolit následující znaky: <, >, <=, >= a =. Akce může být spuštěna odesláním požadavku na email, sms nebo může být nastavena určitá proměnná na platformě.

if

current

Value

less greater less or equal greater or equal equal

to

1

Continue

Send e-mail Send SMS Send Telegram WebHook Set a variable

**Obrázek 17 - Vytváření akce v Ubidots**

### 3.6.6 Zabezpečení Ubidots

Ubidots platforma podporuje MQTT protokol s TLS šifrováním. Je to jednoduchý komunikační protokol publish/subscribe, optimalizovaný pro IoT aplikace a podporující TLS šifrování. TLS *Transport Layer Security* poskytuje zabezpečenou komunikaci mezi klientem a serverem. [18]

Autentizace pomocí tokenu. Na rozdíl od tradiční autentizace, kde se musí pokaždé uživatel přihlašovat svým uživatelským jménem a heslem, je autentizace pomocí tokenu postavena na jiném principu. Autentizace založena na tokenu přiřadí při prvním požadavku podepsaný token, který pak může být použit i pro následující žádosti.

Princip Autentizace pomocí API tokenu:

1. Uživatel požaduje bezpečnostní token
2. Aplikace vytvoří bezpečnostní token
3. Aplikace poskytne vytvořený token uživateli
4. Uživatel si uloží vytvořený token a zasílá ho společně s každým požadavkem
5. Server ověří token a přijme požadavek
6. Pokud není token používán určitou dobu, pak je vyžadováno vytvoření nového tokenu

### 3.6.7 Ubidots Ceník

V Ubidots jsou data zpoplatněna pomocí umělé měny neboli Dotů / Dots. Dot je odečten na základě předem definované akce. Obnovení proměnné, vytvoření proměnné, vytvoření zařízení atd. Kdybychom měli meteostanici, která by každých 10 minut zasílala 4 informace: teplota, vlhkost, tlak a déšť, tak by spotřeba dotů byla následující:  $4 \text{ doty} \times 60/10 \text{ (aktualizace za hodinu)} \times 24 \text{ hodin} \times 30 \text{ dní} = 17,280 \text{ dotů za měsíc}$ . [19]

Při přihlášení do platformy Ubidots dostaneme 5000 dotů/creditů. Po vyčerpání této částky je možné dobít credit v hodnotě 5 USD za 1000 creditů.

**Tabulka 5 - Ubidots ceník [19]**

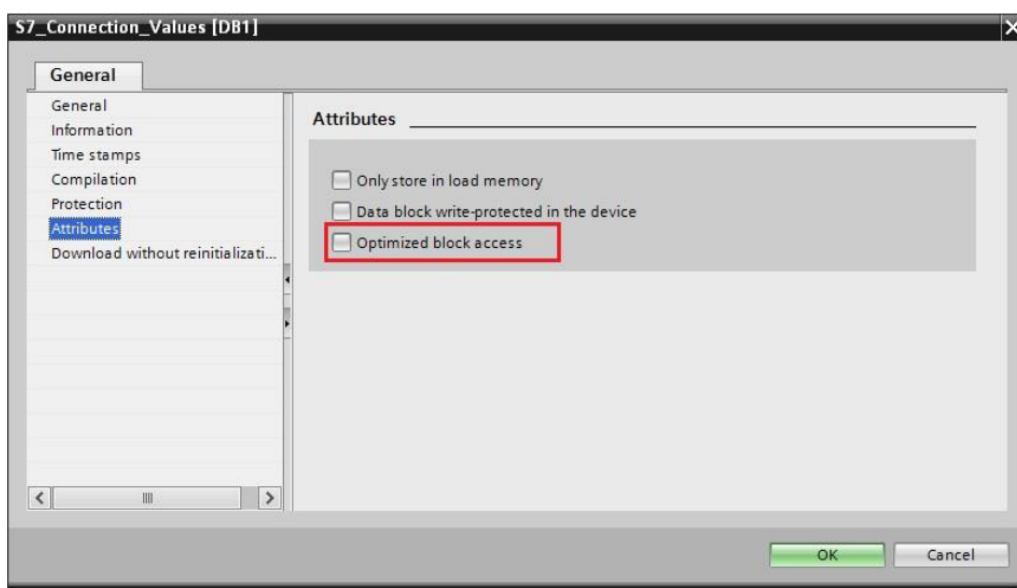
Událost	Cena
Zařízení (první zařízení je zdarma)	500 creditů za měsíc
Dasboard (první dashboard je zdarma)	100 creditů za měsíc
1 SMS	20 creditů
1 email	1 credit
1 aktualizace proměnné	1 credit

Pro používání creditů jsou dána i jistá omezení. Jednou z limitujících věcí je, že je možné zaslat 60 dotů za 1 minutu v rámci všech zařízení. Tedy 86 400 creditů denně a necelých 2,6 milionů creditů měsíčně. Omezení platí např. i pro SMS zprávy. Prvních 5 SMS zpráv je zdarma a v případě dalšího používání upozornění skrze SMS je zapotřebí alespoň jednou zaslat peníze na používaný účet. [19]

## 4 Modifikace řídicí aplikace výrobní linky, aby mohla plnit úlohu zdroje dat pro vybranou cloudovou platformu.

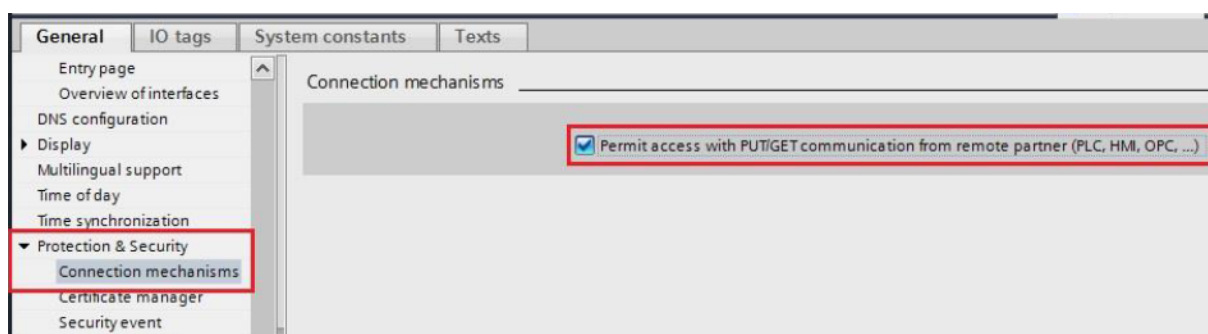
### 4.1 Úprava nastavení řídicí linky

Aby bylo možné poskytovat řídicí linkou data pro cloudové úložiště, je zapotřebí udělat dvě změny v programu TIA portál. Prvním požadavkem je, že se smí používat jen neoptimalizované datové bloky. Toto nastavení se provede rozkliknutím položky General a následně pod nastavením Attributes nalezneme volbu Optimized block access. Tato možnost nesmí být zaškrtnuta.



Obrázek 18 - Optimalizace datového bloku [24]

Dalším krokem je povolení přijímání a odesílání informací do jiných zařízení. Tato funkce se konkrétně jmenuje PUT/GET a cesta k jejímu nastavení je následující: General – Protection & Security – Connection mechanisms. Políčko, které se nachází v tomto nastavení, musí být zaškrtnuté.



Obrázek 19 - Povolení funkce PUT/GET [24]

Toto jsou dvě nastavení, která musí být provedena v programu TIA portál a dalších povolení již není zapotřebí. Nyní už jen záleží, která data budou vybrána pro následnou analýzu a v závislosti na tom může být upraven řídicí program montážní linky.

## 4.2 SIMATIC IoT 2040

Jedná se o zařízení, které svými vlastnostmi spadá do průmyslu 4.0. SIMATIC IoT 2040 je průmyslová inteligentní brána, která slouží jako spolehlivá otevřená platforma pro sběr, zpracování a přenos dat od výrobního prostředí k určitému příjemci. Tento proces je řešení, které může být snadno implementováno v následujících případech. Průmyslové IoT 2040 zařízení umožňuje podporovat průmyslové inženýry, vývojáře a designery. Ve velké většině případů bývá toto zařízení využito jako brána mezi cloudem nebo firemní IT úrovní a výrobou. SIMATIC IoT 2040 byl navržen tak, aby pracoval 24 hodin 7 dní v týdnu a sloužil jako spojení mezi výrobou a cloudovým systémem, který se zabývá analýzou dat. Zaměřuje se na propojování podnikových informačních systémů a odpovídajících automatizačních prvků. Je tak možné minimalizovat chyby a zvýšit výrobní proces. Způsob, jakým je inteligentní brána provozována, je možné využít jak ve směru od analyzovaných dat k výrobnímu procesu, tak i obráceně. Tato neustálá komunikace mezi zařízeními uzavírá kontrolní smyčku, díky které dochází k optimalizaci procesu výroby. IoT 2040 je navrženo pro průmyslové využití v IoT. Možnou náhradu můžeme najít v IoT 2020, které je vhodné pro školní vzdělávání. [20]



Obrázek 20 - IoT 2000 [25]

**Tabulka 6 : IoT 2040 parametry [21]**

<b>Technologie CPU</b>	Intel Quark x1020 (x86 400 MHz) s bezpečnostními funkcemi
<b>RAM / Flash /SRAM</b>	1 GB / 8 MB / 256 kB
<b>Operační systém</b>	Yocto v2.1 běžící na linuxu
<b>Počet portů COM</b>	2
<b>Řada</b>	IoT 2040
<b>Rychlost portu COM</b>	2 x 10/100 Mbps Ethernet RJ45
<b>Mediální rozhraní</b>	USB 2.0, USB Host & Client
<b>Typ portu COM</b>	Přepínatelné RS232/485, RJ45 Ethernet
<b>Rozšíření</b>	Arduino, PCIe
<b>Paměťové zařízení</b>	SD Card

**Možnost dodatečné montáže:**

SIMATIC IoT 2040 je možné jednoduše integrovat do stávajícího výrobního procesu. Je to tedy ekonomická a bezpečná alternativa k úplnému dodatečnému dovybavení starších strojů. Dodatečné vybavení může být nainstalováno postupem času pro všechny stroje, které jej potřebují. SIMATIC se zaručuje dlouhodobým provozem v těžkém průmyslovém prostředí. [20]

**Rozsáhlé využití aplikací:**

Použití strojních a výrobních dat otevírá mnoho možností použití. Například Cloud od firmy IBM nabízí průmyslovým společnostem mnoho možností, jak data zpracovat a podporuje inovativní digitální služby. V tomto případě může SIMATIC IoT 2040 sloužit jako propojení mezi výrobou a cloudovým systémem.

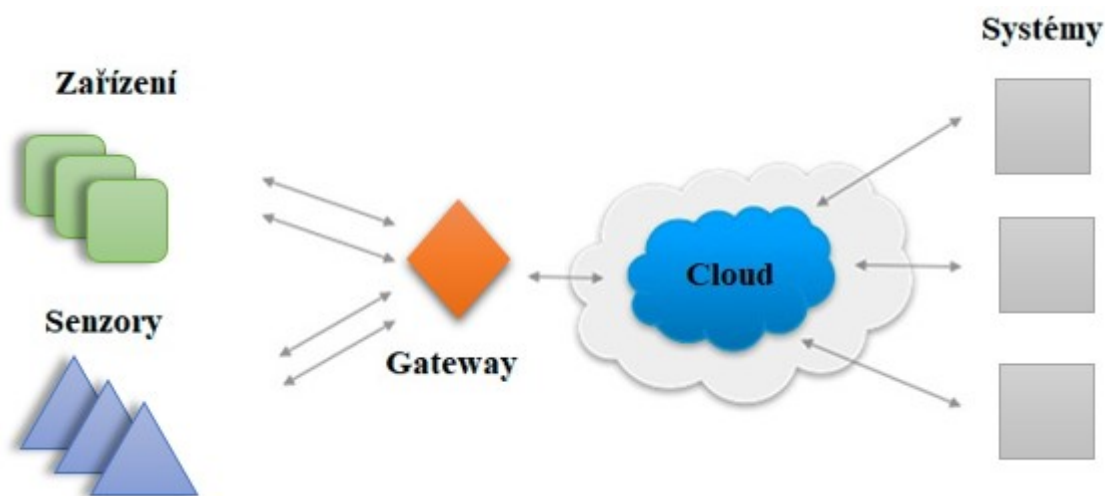
Jedinečným příkladem může být preventivní údržba strojů. Vše je založeno na včasném rozpoznání začínajících známek opotřebení na základě vyhodnocení od příslušných snímačů. Většina firem platí velké částky v případě, že se výroba na nějakou dobu nečekaně zastaví. Díky SIMATICU lze tyto výrobní prostoje minimalizovat. SIMATIC Iot 2040 shromažďuje, ukládá a nakonec poskytuje aktuální

data analytickým nástrojům, které běží na cloudové platformě a následně je tak možné provádět preventivní údržby. [20]

Realizace individuálních požadavků od zákazníků směrem k výrobě vyžadují přímou komunikaci podnikového informačního systému (objednávek) s výrobní linkou. To znamená, že konfiguraci vytvořenou samotným zákazníkem nebo požadavky na výrobek je možné automaticky načíst na příslušných výrobních místech. SIMATIC IoT 2040 kombinuje úkoly propojení podnikového informačního systému s příslušnými komponenty, které se zabývají automatizací. Všechny tyto věci pak přispívají k zrychlení výrobního procesu, minimalizaci chyb a zvýšení přehlednosti při zpracování objednávek

### 4.3 Poskytování dat řídicí linkou

Pro úspěšnou realizaci zasílání dat do cloudové platformy je zapotřebí udělat více než jen změnit nastavení v programu TIA Portal. Hlavní článek měřicího řetězce, který je i základním předpokladem k IoT aplikaci, je zařízení Simatic IoT 2040. Toto zařízení je představováno jako inteligentní Gateway, tedy brána, která slouží k propojení výrobní technologie a internetu. Díky tomuto zařízení je možné sbírat data ze senzorů a následně je ukládat na cloudové platformy a provádět nad nimi potřebné analýzy.



Obrázek 21 - Princip funkce Gateway [26]

Simatic IoT 2040 je s montážní linkou propojen pomocí ethernetové sítě, která zároveň umožňuje propojení s internetem. V následující kapitole bude popsáno nastavení IoT 2040.

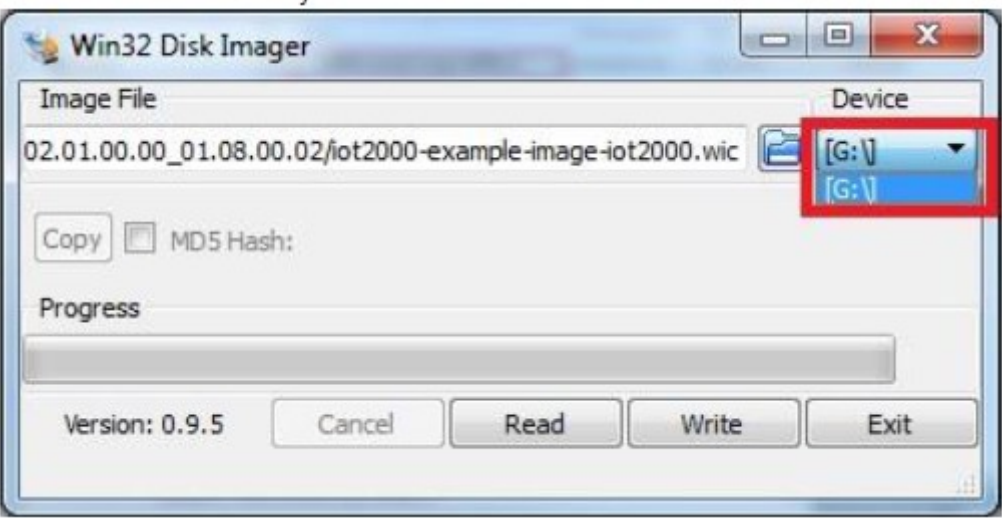
### 4.3.1 Konfigurace SIMATIC IoT 2040

Aby bylo možné správně nakonfigurovat a uvést do provozu IoT 2040, musí uživatel vlastnit Micro-SD kartu, na které bude nahrán operační systém Yocto běžící na platformě Linux. K nahrání operačního systému na SD kartu poslouží program Win32 Disk Imager. Posledním krokem je instalace softwaru PuTTY, který umožní nastavit IoT 2040 a také slouží k vytvoření spojení s jiným zařízením prostřednictvím SSH nebo sériové linky.

#### Instalace souboru na SD kartu

Pro náležitou funkci zařízení IoT 2040 je vyžadováno správně nastavit SD kartu a nainstalovat na ni Image soubor. Ten je dostupný na stránkách firmy Siemens [zde](#). V následujících krocích je popsáno, jak správně nainstalovat Image soubor na SD kartu.

Postup instalace Image souboru:

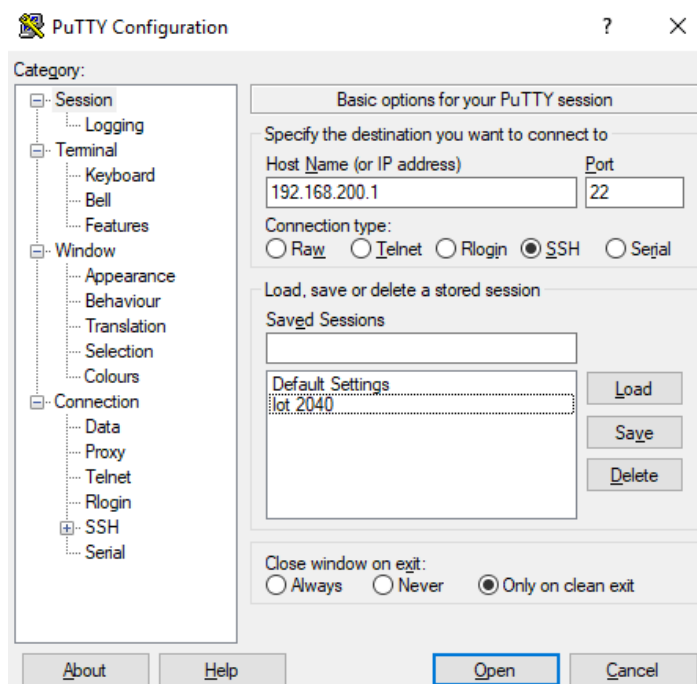
1.	Vložení SD karty do adaptéru a následně do PC
2.	Stažení Image souboru z uvedeného odkazu
3.	Instalace Win32 Disk Imageru
4.	Výběr Image souboru a místa, na které bude soubor nainstalován 
5.	Kliknutím na tlačítko Write proběhne zápis souboru na kartu
6.	Následně proběhne umístění paměťové karty do zařízení IoT 2040



## Připojení pomocí softwaru PuTTY

Software PuTTY může být použit k propojení uživatelského PC s IoT zařízením prostřednictvím SSH nebo sériové linky. V této práci je software použit také k nastavení IP adresy nebo dodatečné instalaci programů potřebných pro přenos dat z řídicí linky na cloudové úložiště.

SIMATIC IoT 2040 má v továrním nastavení přidělenou statickou IP adresu ve tvaru 192.168.200.1. Aby se bylo možné připojit k zařízení SIMATIC, musí být uživatelský počítač připojen do stejné podsítě. První načení zařízení se odvíjí od kvality použité micro SD karty.

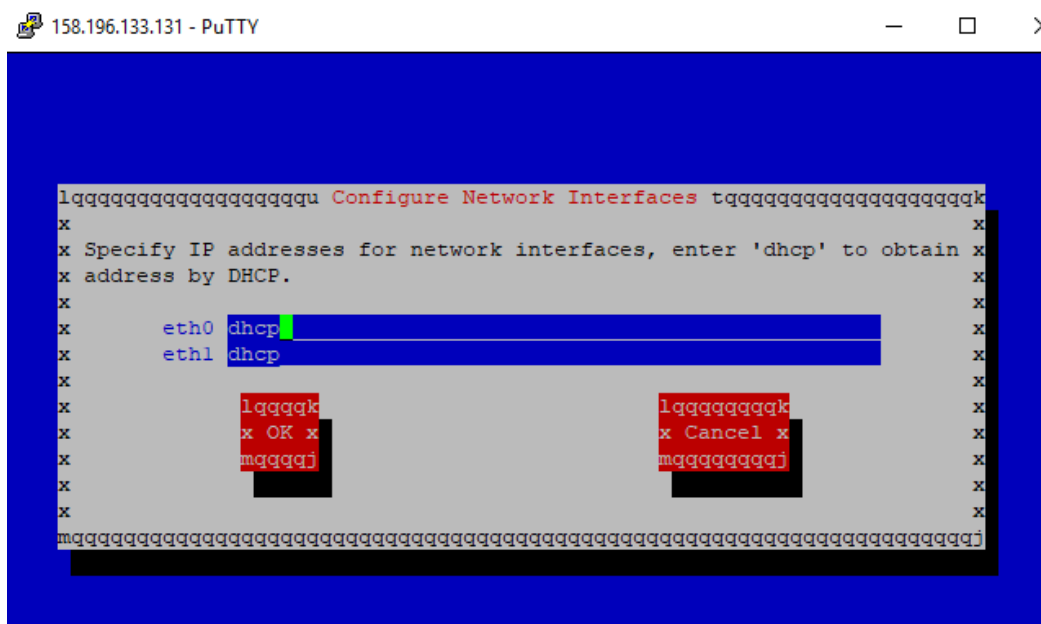


Obrázek 22 - Nastavení PuTTY

Po úspěšném připojení k zařízení je vyžadováno vložit přístupové jméno, které je rovněž továrně nastaveno na *root*. V rámci bezpečnosti je následujícím krokem zadání hesla. Toto nastavení se vyvolá příkazem *passwd* a je zapotřebí napsat nové heslo a následně jej ještě jednou potvrdit.

## Změna IP adresy

Jak už jednou bylo řečeno, defaultní adresa IoT 2040 je nastavena na 192.168.200.1. Pro použití v průmyslových oblastech bývá tato adresa změněna. Ať je to změna na jinou statickou adresu nebo adresu DHCP, je zapotřebí ji v programu PuTTY přenastavit. K tomu slouží příkaz *iot2000setup*, kde pod položkou Networking můžeme najít nastavení pro obě ethernetové přípojky. V případě této práce byla adresa zařízení změněna na DHCP a správcem sítě byla zařízení přidělena adresa 158.196.133.131.



Obrázek 23 - Nastavení DHCP

#### 4.3.2 Instalace programu Node-RED

Node-RED je vývojové prostředí, které slouží ke komunikaci mezi senzory, iot zařízeními a koncovými službami jako je IBM cloud. Je to editor, který běží na webovém prohlížeči a umožňuje snadné propojení toku dat pomocí široké nabídky přednastavených bloků. Během krátkého okamžiku je možné uvést myšlenku vývojáře do provozu pomocí několika kliknutí. Následující příkazy uvedené v tabulce jsou nezbytné pro instalaci a používání Node-REDU.

Tabulka 7 - Příkaz pro instalaci Node-RED

Příkaz	Funkce
<i>npm install -g --unsafe-perm node-red</i>	Instalace Node-RED
<i>mkdir .node-red</i>	Vytvoření složky Node-RED
<i>cd .node-red</i>	Přesunutí do složky Node-RED
<i>npm install node-red-admin</i>	Instalace modulu admin umožní zabezpečení pomocí uživatelského jména a hesla
<i>cd /usr/lib/node_modules</i>	Přesunutí do složky s Node-RED moduly
<i>npm install node-red-contrib-ibm-watson-iot</i>	Instalace rozhraní pro Watson IoT
<i>npm install node-red-contrib-s7</i>	Instalace rozhraní pro PLC Siemens

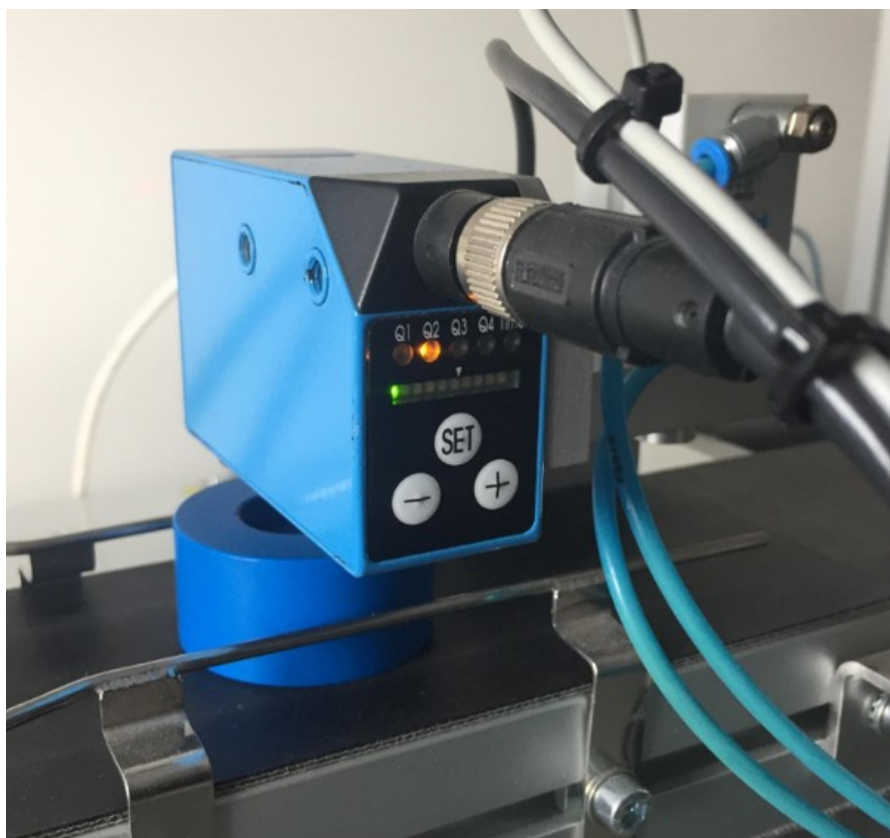
Po provedení všech předchozích kroků je zařízení SIMATIC IoT 2040 a spolu s ním i vývojové prostředí Node-RED připraveno k použití. Celková instalace a uvedení IoT zařízení do chodu je zdlouhavé a může

zabrat několik desítek minut. Během testování funkčnosti Watson IoT služby bylo zjištěno, že zařízení IoT 2040 mělo špatně nastavený čas, který musel být pomocí příkazu `hwclock --set --date="2018-01-19 12:45:05"` přenastaven a spolu s tím musela být znovu instalována knihovna `lib crypt`, která se podílí na zabezpečeném přenosu dat. Po těchto úpravách již nebyla zjištěna žádná závada.

Vývojové prostředí Node-RED běžící na webovém rozhraní je možné spustit zadáním IP adresy spolu s portem 1880. Editor je tedy spuštěn příkazem <http://158.196.133.131:1880>.

#### 4.4 Snímač barev SICK

Montážní linka je vybavena čidlem od firmy SICK, a to umožňuje snímat barvu předmětu, který se pohybuje po dopravníkovém pásu. Montážní linka disponuje mnoha čidly, avšak většina z nich jsou čidla snímající pohyb a jejich výstup tak pro nás není zajímavý. Získané hodnoty z pohybových čidel mají na svém výstupu většinou logickou nulu nebo jedničku. V tomto případě není pohybové čidlo pro analýzu vhodné, jelikož jeho výstupní data nejsou v rámci montážní linky a celkově i následné analýzy nějak zajímavá. O trochu lépe je na tom čidlo snímající barvu. Čidlo SICK CS84-P1112 umožňuje rychle a s velkou přesností určit, jaká barva se pod jeho snímačem nachází.



Obrázek 24 - Barevné čidlo od firmy SICK

**Tabulka 8 - Vlastnosti SICK senzoru [22]**

Vlastnosti	
Vzdálenost snímání	12,5 mm (od přední hrany objektivu)
Tolerance snímací vzdálenosti	$\pm 3$ mm
Vysílač světla	LED dioda, RGB, Životnost cca 100 000 h
Rozměry světelné stopy	2 mm x 4 mm
Napájecí napětí	10 - 30 V DC
Odběr proudu	< 100 mA
Doba odezvy	500 $\mu$ s

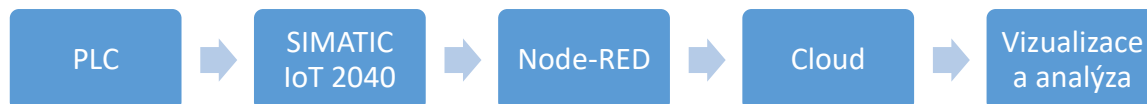
Předtím, než je čidlo zapojeno do provozu, je nutné je nastavit. Varianta CS84 dovoluje zapamatovat 4 různé barvy, které je pak možné přiřadit ke čtyřem výstupním signálům. Veškeré nastavení probíhá pomocí tlačítek SET a +/- . Během nastavování si uživatel může vybrat, který výstup bude přidělen dané barvě a s jakou tolerancí je barva detekována. Je totiž možné, že snímané objekty stejné barvy mohou mít odlišné odstíny vlivem působení přírodního nebo umělého osvětlení. [22]

Postup nastavení snímače:

1. Umístění objektu do prostoru snímače
2. Podržení tlačítka SET déle než 1s se spustí učicí mód
3. Tlačítky +/- se nastaví tolerance snímané barvy a je potvrzena stiskem SET déle než 1s
4. Nyní si vybereme mezi kanály Q1 – Q4 a podržením tlačítka SET déle než 1s uložíme nastavení

Tímto postupem proběhlo nastavení všech možných barevných variant, které je možné na pásu detekovat. Montážní linka je pro demonstrační účely vybavena třemi barevnými variantami puků. Jedná se o barvu červenou, modrou a stříbrnou. Při sběru dat bude tedy možné následnou analýzou určovat, jaké barvy se po montážní lince pohybovaly a v jakém množství. Snímání dat probíhalo tak, že v určitém intervalu byly posílány puky jedné barvy. Když tento interval skončil, byla posílána barva druhá. Tento postup může odpovídat tovární výrobě, kde vždy běží jeden program a po určitém množství vyrobených barev se tento program přepne do jiného režimu.

## 5 Návrh a realizace systému pro ukládání a analýzu dat ve dvou vybraných cloudových platformách.



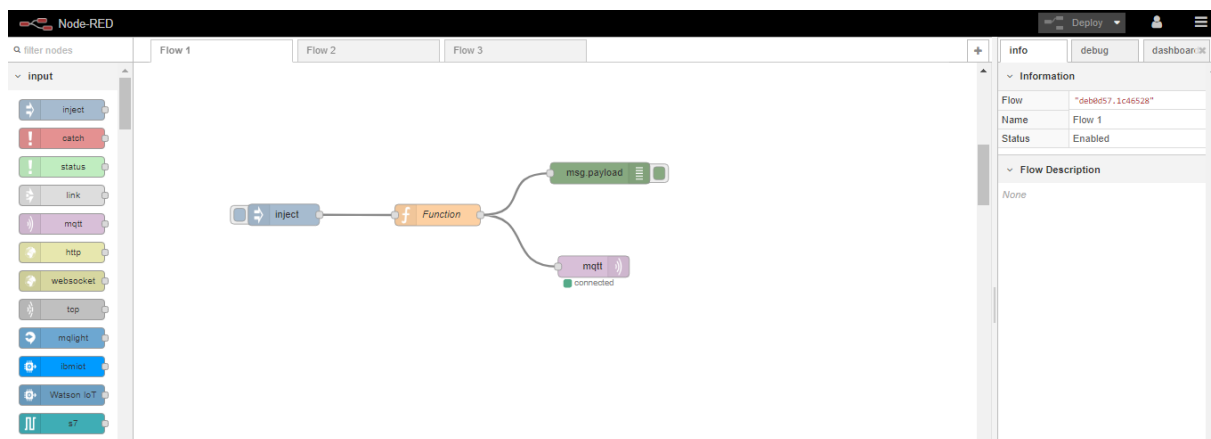
Obrázek 25 - Schéma systému pro ukládání dat

Nastavení pro PLC společně se zařízením IoT 2040 bylo popsáno v přechozích kapitolách. V této kapitole bude hlavním tématem vývojové prostředí Node-RED dále jen NR, pomocí kterého jsou data upravována a zasílána do cloudu. Ve druhé části bude rozebrán postup ukládání dat do dvou různých cloudových platforem. Hlavním cílem bylo uskutečnit ukládání dat do cloudu od firmy IBM. Druhým úložištěm je méně známý cloud Ubidots, který byl vybrán pro porovnání. Stojí zde tedy proti sobě velká nadnárodní firma IBM, jejíž služby budou na konci srovnány s firmou Ubidots.

### 5.1 Node-RED

Node-RED je open source vývojové prostředí, zaležené firmou IBM, běžící na webovém prohlížeči a sloužící k propojování zařízení, která spadají do skupiny Internet of things. NR byl vyvinut v důsledku toho, že v dnešní době mnoho zařízení IoT má potřebu komunikovat ať už s blízkými nebo vzdálenými operátorskými stanicemi. Používat zařízení, které komunikuje s jiným zařízením, online službou nebo má přístup k vlastním sériovým portům, vyžaduje hodně času stráveného nad kódováním, aby ve výsledku mohla zařízení mezi sebou komunikovat a vyměňovat data. To také znamenalo, že programátor musel mít znalosti o tom, jak fungují databáze, API, protokoly atd. V NR jsou všechny tyto prvky skryty na pozadí snadno použitelného grafického rozhraní.

NR nabízí paletu uzlů, kterým se říká *nodes* a ty mohou být propojeny mezi sebou a vytvořit tak tok dat. Těmto datovým tokům se říká *flows*. Na následujícím obrázku je znázorněno vývojové prostředí NR.

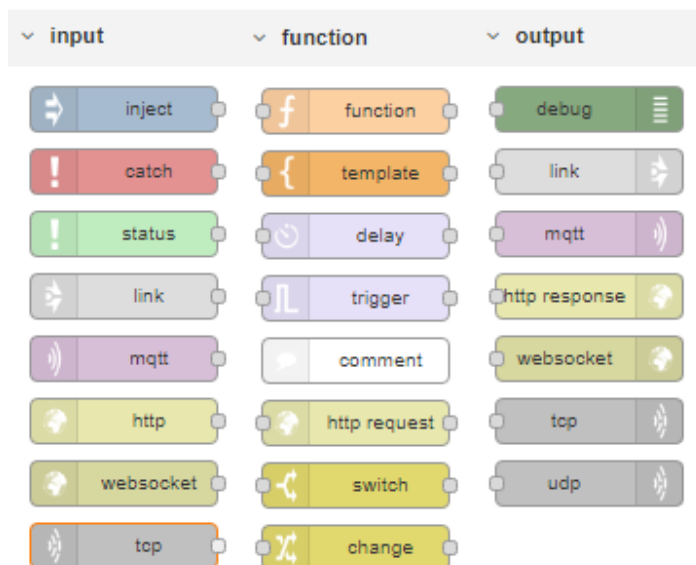


**Obrázek 26 - Vývojové prostředí Node-RED**

Platforma je rozdělená na tři hlavní části: paleta s nody, pracovní prostor a postranní paleta. Paleta s nody obsahuje velkou nabídku nodů, které mohou být spojeny dohromady a tvořit tak toky dat. Pro vytvoření datového toku stačí jednoduše přesunout nody do pracovního prostoru a spojit je dohromady.

### 5.1.1 Nodes

Uzly jsou v NR složeny z jednoho souboru HTML a jednoho souboru JavaScript. Soubor HTML říká, jak by měl node vypadat, kolik by měl mít vstupů / výstupů atd., a soubor JavaScript je zodpovědný za to, jak má daný node fungovat. NR nabízí velké množství již přednastavených nodů, které lze během chvíle použít. Je ale možné si také vytvořit svoje nody se specifickými funkcemi a vzhledem. Velké množství nodů vzniká díky sdílení programátorů na komunitní server. Na následujícím obrázku můžeme vidět již předinstalované nody.



**Obrázek 27 - Ukázka předinstalovaných Nodů**

NR pracuje se třemi základními typy nodů:

- Vstupní nody / Input nodes
- Procesní nody / Function nodes
- Výstupní nody / Output nodes

Vstupní nody poskytují vstupní informace pro aplikaci v NR. Jsou označeny šedými čtverečky, které jsou umístěny na pravé straně nodu. Procesní node má šedý čtvereček jak na vstupní, tak i na výstupní straně nodu. Je zde tedy možné zadávat data ke zpracování a poté je odeslat do dalšího nodu. Výstupní nody mají šedé čtverečky pouze na levé straně nodu. Na následujícím obrázku jsou uvedeny 3 základní typy nodů.

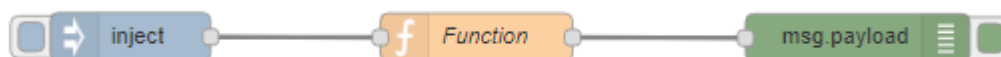


**Obrázek 28 - Tři základní typy nodů. Vlevo vstupní node, uprostřed procesní node a vpravo výstupní node**

Node provede operaci, jestliže na vstup dorazí nějaká data. Vstup obsahuje JavaScriptový objekt, který s sebou nese požadovaná data neboli payload. Payload je většinou připojen k zasílané zprávě.

### 5.1.2 Flows

Datový tok je definován jako množina uzlů, které mají svůj vlastní nezávislý pracovní cyklus a mohou běžet paralelně s ostatními datovými toky. To v kombinaci s globálními proměnnými umožňuje komunikovat s ostatními nody a datovými toky bez toho, aniž by mezi nimi existovalo spojení. Na obr. 29 je znázorněno jednoduché propojení v NR.



**Obrázek 29 - Po stisknutí tlačítka "inject" je poslána informace ke zpracování do funkčního bloku a následně je zobrazeny pomocí bloku msg. Payload**

## 5.2 Watson IoT

Na stránkách firmy IBM můžeme v katalogu služeb narazit na záložku boilerplates. V této záložce jsou umístěny často používané a předpřipravené služby a aplikace. Právě zde je služba *Internet of Things Platform Starter*, která v sobě ukrývá další služby a sice Watson IoT, která slouží k zobrazování dat ze senzorů a dále službu Cloudant NoSQL DB, která v sobě zálohuje zpracovaná data.

Aby bylo možné zprovoznit komunikaci mezi Node-RED a Watson IoT, je zapotřebí vytvořit na stránkách IBM zařízení, jehož údaje se následně budou vkládat do nodů v NR. Toto opatření slouží k tomu, aby se do služby Watson IoT přihlásili jen uživatelé s potřebnými autentizačními údaji a nedojde k tomu, že by se do používané služby připojil nepovolaný uživatel.

### 5.2.1 Nastavení zařízení u Watson IoT

Ve službě IoT není po spuštění nakonfigurované žádné připojení pro používané zařízení. Je proto zapotřebí připojení nastavit, aby se na ně mohlo fyzické zařízení tedy IoT 2040 připojit. V bočním panelu služby IoT se pomocí záložky *Device* vytvoří nové zařízení. Postup vytvoření nového zařízení je následující:

1. V záložce *Device Type* se kliknutím na tlačítko *Add Device* spustí průvodce, který nás provede vytvořením zařízení.
2. V dalším kroku se vybírá, jestli je použité zařízení *Device* nebo *Gateway*. V našem případě je IoT 2040 brána, tak je tedy vybráno pole *Gateway*. Současně se také musí vyplnit název zařízení, který později bude znám jako *DeviceType*. Důležité je vhodně zvolit použití velkých a malých písmen, která se musí později zadávat ve stejném tvaru do NR aplikace.
3. V případě více zařízení je možné vyplnit nepovinné údaje mezi které patří: Sériové číslo, Model, Oblast použití atd. Tímto krokem ukončíme vytvoření typu zařízení.
4. Předchozím krokem jsme dokončili výběr zařízení a nyní je na řadě samotná registrace. Po kliknutí na *Register Device* jsme vyzváni k zadání identifikačního názvu zařízení neboli *DeviceID*.
5. Třetí důležitou proměnnou kromě *DeviceType* a *DeviceID* je Token, který funguje jako heslo a zařízení se jím autorizuje vůči cloudu. Token si můžeme vytvořit vlastní nebo si jej nechat vygenerovat. V každém případě je nutné si jej uchovat, jelikož později již není možné zjistit jeho tvar.
6. V posledním kroku jsou data shrnuta do celku a zobrazena v tabulce. Je zapotřebí si data uložit, jelikož tvar Tokenu už později není možné zjistit.



**Tabulka 9 - Informace potřebné k přihlášení do služby Watson IoT**

Gateway	
Organization ID	bwj97w
Device Type	Iot2040vsb
Device ID	IoT2040vsb
Authentication Method	use-token-auth
Authentication Token	*****

Jelikož protokol MQTT, který služba Watson IoT používá, není nijak chráněný a jeho obsah tvoří jen textový řetězec, jsou data snadno čitelná a je možné je zneužít. V sekci *Connection Settings* je tedy třeba nastavit úroveň zabezpečení na TLS Optional. Tímto je tedy vše na straně cloudu nastavené a připravené k zachytávání informací.

### 5.2.2 Propojení Watson IoT s PLC pomocí Node-RED

K samotnému přenášení dat mezi PLC a cloudem slouží vývojové prostředí NR. Je možné v něm definovat, která data mají být přenášena a jaký má být jejich tvar. K uskutečnění přenosu dat je nezbytné do editoru NR doinstalovat moduly pro komunikaci s PLC a Watson IoT.



**Obrázek 30 - Vlevo node pro PLC vpravo node pro Watson IoT**

Po stažení potřebných nodů je zapotřebí zjistit informace ohledně PLC stanice, která má zasílat data ze senzorů na cloudové úložiště. Z konfigurace zařízení PLC lze vyčíst číslo použitého slotu, racku a dále IP adresu zařízení. V následující záložce se poté zadává název a adresa proměnné v závislosti na tom, jaká data chceme z PLC získat.

The screenshot shows the configuration interface for the PLC node in Node-RED. It has two tabs: 'Connection' and 'Variables'. The 'Connection' tab is active, showing fields for 'IP Address' (158.196.133.239), 'Port' (102), 'Mode' (Rack/Slot), 'Rack' (0), and 'Slot' (1). The 'Variables' tab is also visible, showing a 'Variable list' with three entries: 'I21.0' (Sejmuta červená), 'I21.1' (Sejmuta modrá), and 'I22.0' (Sejmuta hliník).

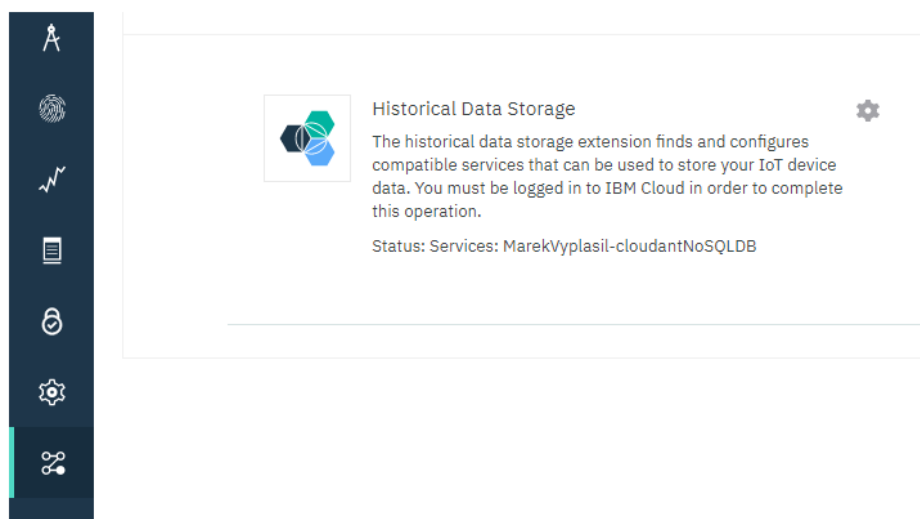
**Obrázek 31 - nastavení nodu pro PLC**

Co se týče nastavení nodu pro Watson IoT, zde je nutno použít přihlašovací údaje, které byly generovány při vytvoření zařízení v IoT službě. K vyplnění jsou zde pole pro *Organization*, *DeviceType*, *Device ID*, *Auth Token*. Na úvodní stránce se z možnosti *Connect as*: vybere možnost *Gateway* a poté varianta

*Registered*. Lze použít i možnost *Quickstart*, u které není zapotřebí zadávat přihlašovací údaje a data jsou na stránkách IBM zobrazována okamžitě. Jenom s tím rozdílem, že nejsou uchovávána, ale pouze zobrazována.

### 5.2.3 Ukládání dat u Watson iot

Služba Watson IoT slouží v základním nastavení pouze k zobrazování dat a poté, co se služba uzavře, nejsou data nikde uložena, a tedy není možné provádět pozdější a rozsáhlejší analýzu. Existují dva způsoby, jakými lze data zasílaná ze senzoru ukládat do IBM databáze. Při založení služby IoT se spolu s Watson IoT vytvoří i databáze Cloudant NoSQL DB. Data se do databáze ukládají ve formátu JSON, jak už bylo řečeno v kapitole 3.4.4. Propojení těchto dvou služeb je možné pomocí záložky *Extensions* ve službě Watson IoT, kde je vybrána možnost *Historical Data Storage*, která po nastavení ukládá data z IoT zařízení.



Obrázek 32 - Funkce ukládání dat u Watson IoT

Druhou možností, jak ukládat data do IBM databáze, je použít node v editoru Node-RED, který posílá data přímou cestou do Cloudant databáze, a není tak zapotřebí nastavovat propojení ve službě Watson.



Obrázek 33 - Zálohování dat pomocí modulu v NR

V nodu *cloudant out* jsou k vyplnění pole s názvem *Host*, *Username*, *Password*. Před spuštěním databáze se v záložce *Service credentials* vytvoří přihlašovací údaje, které jsou následně zadané do těchto polí. Posledním krokem je uvedení jména databáze, do které mají být data uložena.

Během nastavení propojení databáze s Watson IoT je možné zvolit interval, s jakým se budou získaná data ukládat. Nejkratší interval, jaký je službou nabízen, je jeden den.

timestamp ▼	data ▼	deviceId ▼	deviceType ▼	eventType ▼
2018-03-14T16:16:11.2...	{"d":{"value":"True"}}	IoT2040vsb	IoT2040vsb	event
2018-03-14T16:16:22.1...	{"d":{"value":"False"}}	IoT2040vsb	IoT2040vsb	event
2018-03-14T16:16:23.4...	{"d":{"value":"True"}}	IoT2040vsb	IoT2040vsb	event

Obrázek 34 - Zobrazení uložených dat v databázi

Data ze senzorů bývají ukládána ve složkách, které mají název ve tvaru *iotp\_bwj97w\_default\_2018-03-14*, kde bwj97w je název organizace Watson. Dále je uvedeno datum, kdy byla data získána. V tabulce je možné nastavit, jaká data mají být zobrazována. Nejčastěji jsou k vidění informace o zařízení, přijatá hodnota a jméno události. Na obr. 34 jsou konkrétně zobrazeny údaje True/False, které vypovídaly o stavu pohybového čidla.

Data je možné z databáze získat zadáním url adresy do řádku webového prohlížeče: [https://{cloudant service id}-bluemix.cloudant.com/{dbName}/\\_design/iotp/\\_list/csv/by-date?include\\_docs=true](https://{cloudant service id}-bluemix.cloudant.com/{dbName}/_design/iotp/_list/csv/by-date?include_docs=true). Data jsou následně stažena ve formátu csv a je možné jejich další zpracování.

## 5.3 Ubidots

V porovnání s firmou IBM je cloudové úložiště Ubidots na první pohled jednodušší. Jednoduchost je však vystřídaná tím, že na rozdíl od IBM nenabízí Ubidots tak velké množství služeb. K přenosu dat je stejně jako u Watson IoT využíváno Node-REDu, ve kterém je nastaveno, jaká data a v jakém formátu budou přenesena do cloudu. U Ubidots odpadá starost s registrací zařízení. Tento krok se provádí automaticky se zasláním informace. Stejně tak se nemusí instalovat další knihovny, jelikož postačí ty, co jsou už v NR nainstalovány.

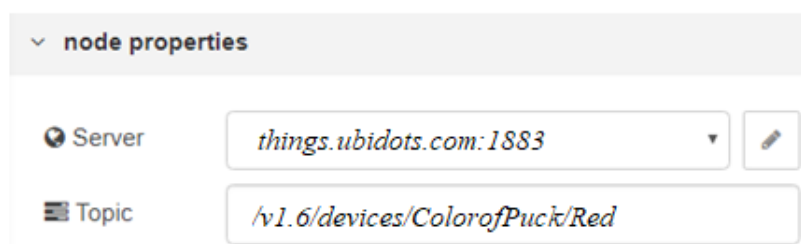
### 5.3.1 Propojení Ubidots s PLC pomocí Node-RED

Propojení cloudového úložiště s PLC linkou je provedeno pomocí NR. Na rozdíl od předchozího případu zde není potřeba dodatečná instalace speciálních nodů, ale je možné použít základní MQTT node. Ten se musí pouze doplnit o potřebné údaje.



Obrázek 35 - Ukázka propojení v NR

Ubidots nenabízí možnost vytvoření zařízení tak, jako je tomu u IBM. V tomto případě se zařízení a s tím zvolená proměnná vytvoří pomocí textového řetězce, který je zadán do pole *Topic*. V tomto případě se jedná o */v1.6/devices/ColorofPuck/Red*. Názvy *v1.6* a *devices* jsou dané firmou Ubidots a při zadávání musí být v řetězci vždy přítomny. Další název tedy *ColorofPuck* určuje, že bude vytvořeno zařízení s tímto jménem a v něm bude uložena proměnná *Red*. Během práce s cloudem Ubidots vyšlo najevo, že vzniká problém při používání diakritiky a je tedy vhodnější se podobným znakům vyhnout. Aby naše zařízení vědělo, že se má připojit právě na cloud Ubidots, musí se do pole *Server* napsat adresa *things.ubidots.com* společně s portem 1883. Přenos je zabezpečen pomocí Tokenu, který je možné vygenerovat v uživatelském nastavení pod položkou *Credentials*.



**Obrázek 36 - Ukázka nastavení MQTT**

Při práci s NR je možné využít nodu *function*, ve kterém lze upravit datový typ proměnné nebo případně psát události, které využívají příkazů *for*, *if*, *case* atd. Během práce s PLC linkou nastal případ, kdy cloud Ubidots odesílal data ve formátu *string* a PLC mohlo pracovat pouze s datovým typem *number*. Dále vznikla situace, kdy Ubidots nezobrazoval v proměnné textový řetězec, ale pouze čísla, tak bylo zapotřebí pomocí příkazu *if – else* změnit výstup snímače z *True/False* na *1/0*. Tyto drobné úpravy jsou zobrazeny v následující tabulce.

**Tabulka 10 - příklad použití nodu function**

Možnost vypnutí nebo zapnutí výrobní linky zasláním hodnoty 0/1 z cloudu. Změna ze string na boolean.	Možnost změnit hodnotu PLC proměnné pomocí kontrolních prvků v Ubidots. Změna ze string na number.	Zobrazení stavu snímače. Změna z boolean na number.
<pre>var StavLinky=msg.payload; switch(StavLinky){   case "0": msg.payload=false;   break;   case "1": msg.payload= true;   break;   default:   0; }</pre> <pre>return msg;</pre>	<pre>var pocetpuku=msg.payload; switch(pocetpuku){   case "0": msg.payload= 0;   break;   case "1": msg.payload= 1;   break;   case "2": msg.payload= 2;   break;   default:   0; }</pre> <pre>return msg;</pre>	<pre>var snimacpuku=msg.payload; switch(snimacpuku){   case true: msg.payload= 1;   break;   case false: msg.payload= 0;   break;   default:   0; }</pre> <pre>return msg;</pre>

### 5.3.2 Ukládání dat u Ubidots

Ukládání dat je v cloudu Ubidots řešeno automaticky. Není potřeba vytvářet propojení mezi cloudem a databází. Ukládání dat je prováděno okamžitě. Nevýhodou oproti IBM může být, že jsou data ukládána stále do stejného souboru a nejsou např. rozdělena do kategorií podle dnů. Podle dostupných informací jsou také data uchovávána nanejvýš dva po sobě jdoucí roky a poté jsou smazána. Informace jsou v Ubidots zobrazovány v tabulce, jsou u nich uvedeny pouze aktuální hodnoty a čas jejich přijetí.

Sdílení dat je možné pomocí vestavěné funkce. Po zaslání žádosti o sdílení je během několika málo minut doručen uživateli email s příloženým csv souborem. Ten je možno použít k dalšímu zpracování a analýze.

## 6 Realizace vybraných funkcí analýzy dat nad uloženými daty.

Základním prvkem IoT řešení je, že umožňuje komunikaci mezi chytrými zařízeními pomocí internetu. Chytrá zařízení mohou komunikovat mezi sebou, s lidmi a ve velké většině případů komunikují s cloudovými službami a tam ukládají svá naměřená data. V cloudových službách bývají většinou již předinstalované analytické programy, které umožňují zkoumat naměřená data a najít v nich informaci, která je pro uživatele důležitá.

Cílem analýzy je seskupovat naměřená data a získávat z nich důležité informace. S přibývajícím množstvím dat však může být těžší tyto informace odhalit. Je tedy nezbytné pochopit, jaké vazby mezi daty jsou pro nás důležité.

V této diplomové práci byl kladen důraz na používání služeb od firmy IBM. V rámci vizualizace a ukládání dat byly použity služby Watson Iot a Cloudant NoSQL DB. Pro vizualizaci byla využita služba Watson Analytics, která se specializuje na analýzu naměřených dat. V případě cloudu Ubidots byla analýza provedena také, ovšem proti Watson Analytics nejsou nástroje pro analýzu na tak vysoké úrovni.

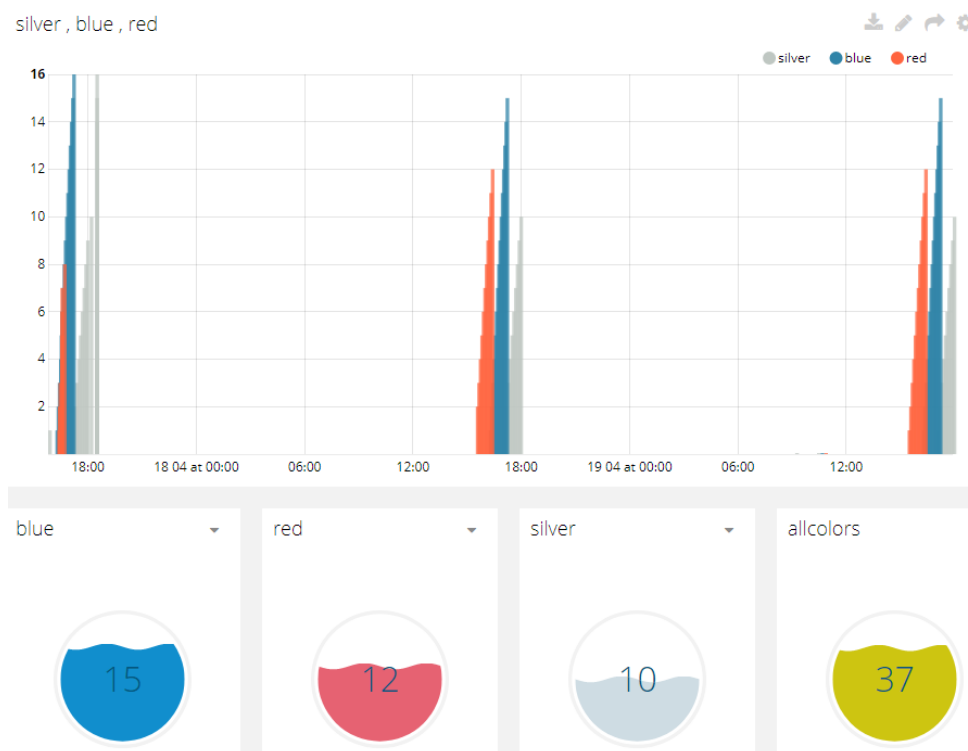
### 6.1 Analýza v Ubidots

Analýza dat v cloudové službě Ubidots patří mezi ty jednodušší proti jiným analytickým službám. Její využití nalezne uplatnění u menších projektů, především ve školách. Vyskytují se zde převážně základní typy úpravy dat a ty jsou vždy porovnávány vzhledem k časové ose. Užitečnou funkcí v Ubidots je "Scatter Plot". Ta umožňuje proti sobě vykreslit dvě proměnné, a to i v případě, že byly pořízeny v různém čase. V závislosti na použité aplikaci může být užitečné analyzovat věci jako: teplota vs vlhkost, teplota vs spotřeba energie. Pokročilejší analytické programy mohou např. předpovídat, kdy během dne bude teplota přesahovat určitou hranici. K takovýmto analýzám je zapotřebí nashromáždit data za co nejdelší období, aby analýza mohla být dostatečně přesná. Zmíněné prediktivní funkce však Ubidots nenabízí.

Ubidots je vhodný k jednoduchým analýzám, kde uplatní své základní matematické operace.

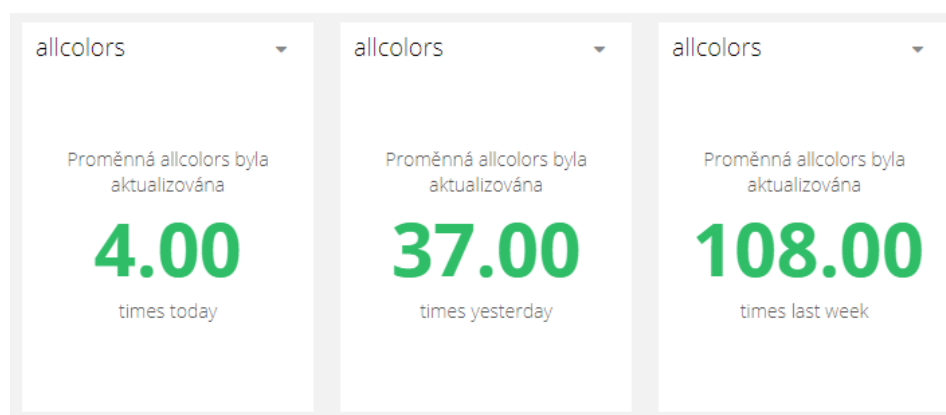
Možnosti analýzy:

- Aktuální hodnoty
- Průměrné hodnoty za určité období
- Minimální hodnoty za určité období
- Maximální hodnoty za určité období
- Součet hodnot za určité období



Obrázek 37- Ubidots analýza dat v reálném čase

V našem případě, kdy projíždí puky po dopravníkovém pásu, můžeme díky Ubidots zjistit jaké množství různých barev po lince projelo. Můžeme také vidět celkové množství puků za jeden den. Pomocí sloupcových grafů je vidět, v jakém čase se určitá barva puku pohybovala po dopravníku. V návaznosti na množství zobrazených puků je možné vytvořit pravidla, která by případně ovlivnila chod programu. Pokud bychom chtěli sledovat, jaká by byla výrobní produktivita montážní linky, je možné použít funkce, které ukazují množství zaznamenaných puků v rámci jednoho dne, předchozího dne, týdne nebo měsíce. S tím je možné spojit i ukazatele minimálního, maximálního nebo průměrného počtu zaznamenaných puků, určité barvy, za jeden den, předchozí den, týden nebo měsíc.

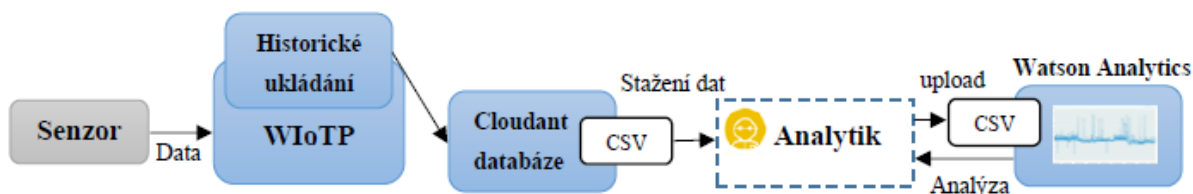


Obrázek 38 - Celkový počet zaznamenaných puků za jeden den, v předchozí den a za uplynulý týden

Co může být u Ubidots oceněno je fakt, že při analýze dat není potřeba zakládat úložné databáze a vytvářet analytické programy jako u IBM. Ubidots totiž nabízí vše v jednom a případná realizace analýzy zabere pár vteřin.

## 6.2 Watson Analytics

Data odesílaná ze zařízení na platformu Watson IoT mohou být shromažďována a uložena v IBM Cloudu pomocí IBM Cloudant No SQL databáze. Aby bylo možné data shromáždit, je nejprve zapotřebí připojit platformu Watson IoT ke službě Cloudant No SQL DB. Po nashromáždění dat jsou data exportována do souboru CSV. CSV soubor je potom nahrán do Watson Analytics, kde se mohou vizualizovat a analyzovat data ze zařízení. Data ze zařízení mohou být uložena v denním, týdenním nebo měsíčním intervalu, a to podle toho, jak byl tento interval při propojení služeb nastaven.

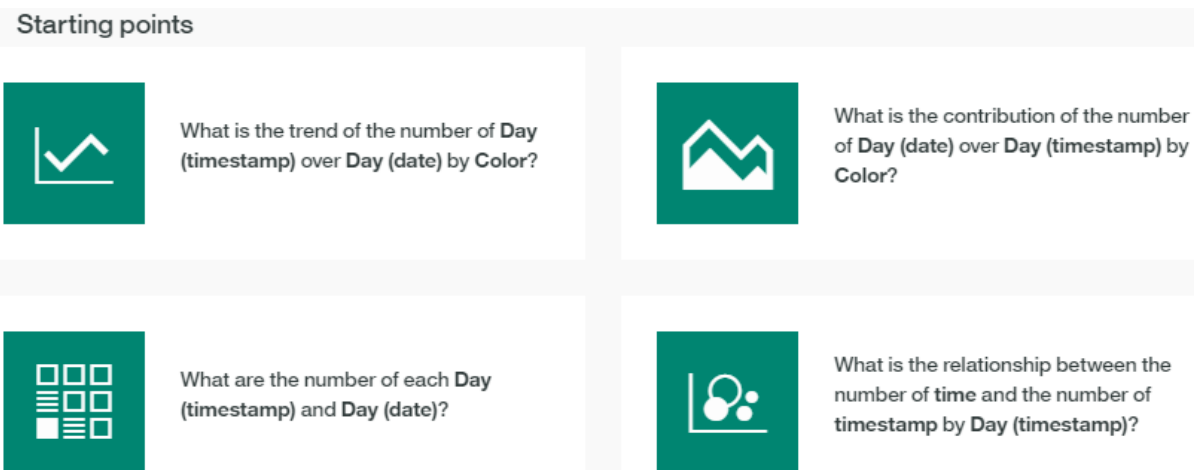


Obrázek 39 - Proces analýzy u Watson Analytics

Analýza dat ve službě Watson Analytics patří mezi nejlepší ve své třídě. Mimo klasických analýz, které byly použity u Ubidots, se může pochlubit také prediktivním způsobem analýzy. Po nahrání CSV souboru jsou data automaticky zpracována a program podle druhu a množství dat určí procentuální kvalitu daného souboru. V našem případě byl použit soubor, který obsahoval data ze snímače barvy, kde se střídaly hodnoty červená, modrá a stříbrná. Watson Analytics ohodnotil kvalitu tohoto souboru na 48%.

Následným kliknutím na nahraný soubor proběhne další zpracování, po kterém Watson Analytics sám uživateli navrhne, jaké typy analýzy je možné se souborem provádět.





Obrázek 40 - Navrhované analýzy programem Watson Analytics

Některé navrhované způsoby analýzy nemusejí být pro naměřená data vhodné, a tak má uživatel možnost vytvořit si své vlastní metody pro analýzu. Vytváření vlastní analýzy může probíhat dvěma způsoby. První metoda je pomocí zadávání textu. Do vyhrazené kolonky se zadá anglicky znějící otázka a Watson Analytics nám nabídne možnost, která nejvíce odpovídá naší otázce. V našem případě je možné zadat otázku: *What is the most common value of color variable*, tedy jaká je nejběžnější hodnota proměnné color. Jelikož proměnná color obsahuje hodnoty blue, red a silver, měla by být jedna z těchto tří možností označena jako největší. Po zadání otázky proběhlo zpracování a Watson Analytics nabídnul jím upravenou otázku, která zní: *What are the most common values of Color*: pouze tedy původní otázku převedl do množného čísla a řekl nám, že vybere nejčastěji se objevující hodnoty v proměnné color.

What are the most common values of Color ?









Obrázek 41 - Watson Analytics - zobrazení nejčastější hodnoty

Na předchozím obrázku je možné vidět, že nejčastější hodnota byla zobrazena největším písmem. Pokud se najede kurzorem na daný objekt, zobrazí se jeho hodnota. Hodnoty Blue, Silver a Red byly 102,85 a 69. Pokud bychom chtěli nastavit limitní hodnotu, která se ještě má nebo nemá vykreslit, pak je možné toto rozmezí upravit pomocí posuvníku, který je vpravo nahoře.

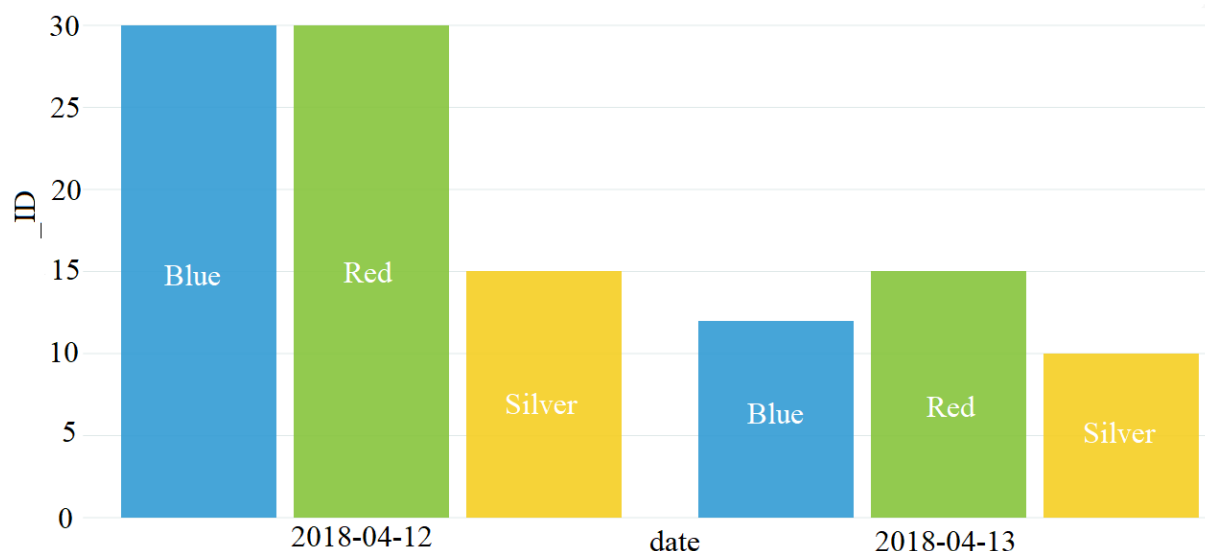
Druhá metoda vytvoření vlastní analýzy je už pro mnohé uživatele více známá. V tomto případě je možné si vybrat z několika nabízených typů grafů a poté dodatečně určit jaké hodnoty mají být vůči sobě porovnávány.

**Tabulka 11 - Možnosti vizualizace u Watson Analytics**

Typ grafu	Sloupcový	Části k celku	Trend	Vztahy	Tabulky	Prediktivní analýza
Ikona						

Pro poslední demonstraci služby Watson Analytics bude tedy použit jeden z uvedených typů grafů. Jako dobré se jeví srovnání počtu jednotlivých barev vzhledem ke dnům, kdy probíhalo měření. K tomuto zobrazení se hodí sloupcový graf, ve kterém je možné vidět počet zaznamenaných barev i den, kdy měření probíhalo.

How does the number of **\_id** compare by **date** and **Color** ?  
 Filtered by date: 2018-04-12 - 2018-04-13



**Obrázek 42 - Porovnání jednotlivých barev vůči dnům**

## 7 Zhodnocení dosažených výsledků.

Montážní linka umístěna na učebně EB415 byla převzata ve stavu, kdy nebyla schopna zasílat naměřená data do cloudové platformy. Po seznámení se s montážní linkou byla vybrána určitá čidla, která sloužila jako zdroj dat pro vytvořenou cloudovou službu a následnou analýzu.

Aby bylo možné používat montážní linku jako zdroj dat, bylo zapotřebí doplnit její příslušenství o inteligentní bránu SIMATIC IoT 2040. Tato brána posloužila jako spojení mezi senzorem a cloudovou platformou. K navržení systému pro ukládání a analýzu dat došlo pomocí vývojového prostředí Node-RED. Toto jednoduché grafické prostředí umožnilo nastavit, který senzor má být použit jako zdroj dat a kam má získaná data zasílat.

Pro ukládání, vizualizaci a analýzu dat byly použity dvě cloudové platformy. První požadovanou platformou byl Cloud od firmy IBM. Za druhou platformu pak byl zvolen méně známý a jednodušší cloud od firmy Ubidots.

Firma Ubidots není tak známa jako IBM, avšak svými výsledky v této práci dokázala, že může jiným cloudovým platformám konkurovat. V této cloudové platformě není zapotřebí zakládat databáze nebo virtuální zařízení, pomocí kterých je možné data shromažďovat. Všechny tyto funkce jsou již zakomponovány v cloudu od jeho založení. Jejich použití tedy bylo rychlé a realizovatelné během několika vteřin. Ubidots např. nedovoluje rozdělení naměřených dat podle dnů nebo týdnů jako je tomu u IBM. Stejně tak i Ubidots nedisponuje tak pokročile rozpracovanou formou analýzy jako je tomu u IBM. V rámci školní výuky však může Ubidots zaujmout tím, že je možné s pomocí jeho prvků vzdáleně ovládat PLC zařízení. Co se týče analýzy, byly funkce v Ubidots dostačující. Klasické zobrazení hodnot v grafu nebo případné použití matematických funkcí jako je minimum, maximum a průměr umožnilo základní provedení analýzy nad uloženými daty.

Cesta k pochopení a nastavení IBM cloudu byla o něco málo složitější. IBM patří ke špičce mezi cloudovými úložišti a při procházení nabízených služeb to dává uživateli najevo. Je zde velké množství nabízených služeb a pro začátečníka nemusí být orientace snadná. Jelikož je IBM stále ve vývojové fázi, stává se, že vytvořené návody k daným službám nemusejí být aktuální. V tomto případě může vzniknout problém při nastavování různých funkcí. Při používání IBM cloudu je prvním krokem vytvoření konfigurace, která umožní propojení cloudu s IoT zařízením. V tomto kroku nám jsou přiděleny autentizační údaje, které se následně používají pro navázání spojení. Díky autentizačním údajům se tak může připojit a zasílat data do cloudu jen osoba, která tyto údaje zná. Dalším krokem je vytvoření a propojení databáze s cloudovou platformou. Bez tohoto kroku není možné data ukládat a následně nad nimi provádět analýzu. Uložená data byla poté nahrána do Watson Analytics, kde nad nimi probíhala analýza. Watson Analytics je proti analýze v Ubidots pokročilejší a nabízí v této oblasti více možností jak data zpracovat.

Zadaný cíl diplomové práce byl tedy naplněn a data z montážní linky byla přenesena do cloudové platformy. Poté probíhalo uložení dat do databáze daného cloudu a jako poslední byla provedena analýza nad naměřenými daty. Subjektivní názor na používaná úložiště je následující. IBM cloud je svým rozsahem a propracovaností vhodný spíše pro podnikové sféry, kde je možné naplno využít jeho potenciál. Provedená analýza dat z montážní linky není schopná naplno obsáhnout dostupné funkce. IBM je tedy vhodnější pro větší organizace, které mohou pro analýzu poskytnout velké množství dat z různých senzorů. Proti tomu je Ubidots svou jednoduchostí vhodnější pro menší nebo začínající projekty. Odpadá zde mnoho starostí s nastavováním a propojováním používaných funkcí. Díky možnosti zobrazovat data z montážní linky a zároveň je i v reálném čase upravovat je Ubidots vhodný pro demonstrační úlohy ve školách.

## 8 Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo propojit PLC montážní linku s cloudovou platformou, uložit naměřená data a poté provést nad uloženými daty analýzu. K získávání dat byl použit snímač barev od firmy SICK. Aby bylo možné získaná data zasílat do cloudového úložiště, musela být montážní linka doplněna o zařízení SIMATIC IoT 2040. Řídicí systém byl realizován pomocí vývojového prostředí Node-RED, ve kterém se určilo, jaká data a kam mají být přenesena. Pro ukládání a analýzu dat byly vybrány platformy IBM a Ubidots.

V úvodní teoretické části jsou popsána jednotlivá pracoviště montážní linky a poté následuje uvedení do problematiky IoT. Podrobněji je dále popsán komunikační protokol, pomocí kterého probíhá přenos dat ze senzoru do cloudového úložiště. V další kapitole jsou uvedeny nejčastěji používané cloudové platformy v oblasti IoT. V závěru teoretické části jsou podrobně popsány použité platformy IBM a Ubidots.

Cílem praktické části tedy bylo modifikovat montážní linku, aby byla schopná plnit úlohu zdroje dat. Modifikace spočívala v dodatečné montáži zařízení SIMATIC IoT 2040, které umožnilo propojení senzoru s internetem. Do přidaného zařízení bylo zapotřebí nainstalovat vývojové prostředí Node-RED, které posloužilo k realizaci systému pro ukládání dat. V tomto vývojovém prostředí bylo možné nadefinovat, jaká data mají být použita a kam mají být přenesena.

Jedním z praktických výstupů diplomové práce bylo také ukládání dat do dvou cloudových platform. Ukládání dat v sobě zahrnovalo i řešení ve formě zálohování dat v cloudových databázích. U platformy IBM bylo nutné databázi založit a propojit s cloudovou službou. Platforma Ubidots měla ve své službě databázi integrovanou už od počátku. Naměřená data bylo možné vyexportovat v souboru csv a ten pak použít k analýze.

Posledním krokem byla analýza dat nad uloženými daty. U platformy Ubidots nebylo zapotřebí doinstalovat nástroje potřebné pro analýzu. Samotná platforma obsahuje základní funkce analýzy, které se v rámci této práce ukázaly jako dostačující. U platformy IBM byl použit analytický nástroj Watson Analytics, který byl svými funkcemi na pokročilejší úrovni.

Výsledky této diplomové práce je možné v budoucnu zlepšovat. Práce by mohla být podkladem pro analýzu určitých technologických procesů. Využití by poté mohla najít také u demonstračních úloh při vyučování. Díky získaným zkušenostem při práci s platformami IBM a Ubidots je možné říci, že platforma IBM je vhodná spíše pro podnikové sféry, které disponují velkým množstvím informací. Je

zde tak možné naplno využít potenciál IBM platformy. Ubidots je proti tomu vhodný spíše pro menší projekty, případně pro demonstrační úlohy ve školách.

## Použitá literatura

- [1] MQTT Essentials [online]. [cit. 2017-11-22]. Dostupné z: <https://www.hivemq.com/mqtt-essentials/>
- [2] GREENGARD, Samuel. The internet of things. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2015. ISBN isbn978-0-262-52773-6.
- [3] Montážní linka - Dokumentace [online]. [cit. 2017-11-15]. Dostupné z: <http://smak.vsb.cz>
- [4] The Industrial Internet of Things (IIoT) [online]. [cit. 2017-12-9]. Dostupné z: <https://inductiveautomation.com/what-is-iiot>
- [5] Building Smarter Planet Solutions with MQTT and IBM WebSphere MQ Telemetry [online]. An IBM Redbooks publication, 07 září 2012 [cit. 2017-11-22]. Dostupné z: <https://www.redbooks.ibm.com/abstracts/sg248054.html>
- [6] Co je cloud computing? [online]. [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: <https://azure.microsoft.com/cs-cz/overview/what-is-cloud-computing/>
- [7] Co je SaaS? [online]. [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: <https://azure.microsoft.com/cs-cz/overview/what-is-saas/>
- [8] AWS Documentation [online]. [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: [https://aws.amazon.com/documentation/?nc2=h\\_ql\\_d&awsm=ql-5](https://aws.amazon.com/documentation/?nc2=h_ql_d&awsm=ql-5)
- [9] Začínáme s Azure [online]. [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://docs.microsoft.com/cs-cz/azure/>
- [10] Top 10 industrial IoT cloud providers [online]. [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <https://www.rcrwireless.com/20160906/telco-cloud/iot-cloud-providers-tag31-tag99>
- [11] Google Cloud Platform Documentation [online]. [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <https://cloud.google.com/docs/>
- [12] KUMAR, Pawan. Internet of Things (IoT) Development Platforms - A Case of IBM Bluemix. Germany, 2016. Diplomová práce. University of Koblenz-Landau.

- [13] Getting started with Watson IoT Platform Starter [online]. [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: [https://console.bluemix.net/docs/starters/IoT-starter/iot500.html#about\\_iotplatform](https://console.bluemix.net/docs/starters/IoT-starter/iot500.html#about_iotplatform)
- [14] Visualizing real-time data by using boards and cards [online]. [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: [https://console.bluemix.net/docs/services/IoT/data\\_visualization.html#boards\\_and\\_cards](https://console.bluemix.net/docs/services/IoT/data_visualization.html#boards_and_cards)
- [15] Internet of Things Platform [online]. [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <https://console.bluemix.net/catalog/services/internet-of-things-platform>
- [16] Connected experience at your service [online]. [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <https://ubidots.com/about/>
- [17] HERNANDEZ, Maria. Connected experience at your service [online]. [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <http://help.ubidots.com/faqs-and-troubleshooting/what-is-the-difference-between-ubidots-and-ubidots-for-education>
- [18] GARCIA, Jose. Is Ubidots Secure? [online]. [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <http://help.ubidots.com/faqs-and-troubleshooting/is-ubidots-secure>
- [19] ANGULO, Gustavo. How Ubidots for Education Credits Work [online]. [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <http://help.ubidots.com/faqs-and-troubleshooting/how-ubidots-for-education-credits-work>
- [20] The intelligent gateway for industrial IoT solutions [online]. [cit. 2018-03-19]. Dostupné z: <https://w3.siemens.com/mcms/pc-based-automation/en/industrial-iot/Pages/Default.aspx>
- [21] SIMATIC IoT 2040 [online]. 2016 [cit. 2018-03-19]. Dostupné z: <https://docs-emea.rs-online.com/webdocs/1536/0900766b815365c3.pdf>
- [22] Snímač barev - CS8 [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/registracni-snimace/snimace-barev/cs8/cs84-p1112/p/p138058>
- [23] HORVÁTH, Jakub. Implementace aplikací pro MQTT komunikaci. Ostrava, 2017. Bakalářská práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava.
- [24] SIMATIC IOT2000 S7- Communication [online]. 2016 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z: <https://support.industry.siemens.com/tf/WW/en/posts/s7-communication-with-node-red/159131?page=0&pageSize=10>



- [25] SIMATIC IOT2040. KAASM [online]. [cit. 2018-03-19]. Dostupné z: <https://kaasm.com/product/simatic-iot2040/>
- [26] What is an IoT Gateway and How Do I Keep It Secure?. GlobalSign [online]. 2016 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <https://www.globalsign.com/en/blog/what-is-an-iot-gateway-device/>

## **Přílohy**

Příložené CD je na zadní straně diplomové práce v bílé kapse na CD.

Příloha 1: Zdrojový kód Node-RED (CD)

Příloha 2: Naměřená data pro analýzu (CD)